

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑪ DE 3743847 A1

⑳ Aktenzeichen: P 37 43 847.6
㉔ Anmeldetag: 23. 12. 87
㉕ Offenlegungstag: 13. 7. 89

㉙ Int. Cl. 4:
G06F 13/38
G 01 D 5/00
G 08 C 13/02

DE 3743847 A1

㉚ Anmelder:
Dr.Ing.h.c. F. Porsche AG, 7000 Stuttgart, DE

㉛ Erfinder:
Pölsler, Wolf-Dieter, 7255 Rutesheim, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉜ Prozeßdatenerfassungs- und -verarbeitungssystem

Das System zur Erfassung und Verarbeitung mehrerer physikalischer Größen eines physikalischen Prozesses ist auf der Meßdatenerfassungsseite (Sensorseite) modular (Meßmodule) und auf der Verarbeitungsseite hierarchisch aufgebaut; hierbei sind jeweils mehrere, einem Teilprozeß zugeordnete Meßmodule über einen Meßbus mit einem Zentralrechner verbunden. Der Meßbus ist hierbei ein erweiterter Mikroprozessorbuss des Zentralrechners und als standardisierter Mikroprozessorbuss (SMP-BUS) ausgeführt. Die Zentralrechner des Gesamtprozesses kommunizieren miteinander und mit einem übergeordneten Hostrechner über ein eigenes, serielles Bussystem. Die Meßmodule enthalten alle zur Meßdatenerfassung notwendigen Bausteine sowie eine Schnittstelle zum SMP-Bus, über den sie mittels einer im Meßmodul festlegbaren Adresse ansprechbar sind. Der Datenverkehr auf dem SMP-Bus läuft mittels Daten in einem normierten Gleitkommaformat ab. Das System umfaßt ferner ein Kalibriersystem für die Meßmodule.

DE 3743847 A1

Zur meßtechnischen Erfassung einer Vielzahl von physikalischen Größen eines Prozesses werden häufig rechnergesteuerte Prozeßmeßdatenerfassungs- und -verarbeitungssysteme eingesetzt, welche Ausgangssignale von Aufnehmern, die der Erfassung der physikalischen Größen und deren Umsetzung in äquivalente elektrische Größen dienen, in rechnerkompatible Zahlenwerte umsetzen und diese entsprechend verarbeiten.

Neben Systemen mit zentraler Verarbeitung der erfaßten Daten und über Multiplexern und Analog/Digitalwandlern angeschlossenen Aufnehmern haben sich seit einziger Zeit Systeme durchgesetzt, die auf der Meßdatenerfassungsseite (Sensorseite) modular (Meßmodule) und auf der Verarbeitungsseite hierarchisch aufgebaut sind, durchgesetzt. Die Aufnehmer sind hierbei Bestandteil der Meßmodule (Sensoren), die bereits Mikrorechner zur Vorverarbeitung von Daten enthalten. Jeweils mehrere Meßmodule sind über ein Bussystem mit einem Verarbeitungs- und Steuerrechner (Zentralrechner) verbunden, der den Ablauf eines Meßprogramms steuert und die vorverarbeiteten Daten weiterverarbeitet.

Bei größeren Prozessen oder Prozessen, die eine größere räumliche Ausdehnung aufweisen, werden die Meßmodule jeweils zu Gruppen zusammengefaßt und über gruppeneigene Bussysteme jeweils an ihnen zugeordnete, eigene Zentralrechner angeschlossen. Diese wiederum sind über ein eigenes (meist seriell) Bussystem mit einem Koordinationsrechner (Leit- oder Hostrechner) und u. U. miteinander verbunden. Derartige hierarchisch gestufte Rechnersysteme und Prozeßdatenerfassungssysteme sind beispielsweise dem Buch "Rembold, U./Armbruster, K./Ülsmann: Interfacetechnologie für Prozeß- und Mikrorechner, 1981, Oldenburg-Verlag", zu entnehmen.

Bisher verwendete Bussysteme weisen jedoch häufig relativ niedrige Datenraten sowie eine Datenverarbeitungsstruktur auf, welche eine Echtzeitverarbeitung von Daten lediglich bei langsamen physikalischen Prozessen zuließ. Für schnellere Prozesse mußten bei den Sensoren dagegen Rechner höherer Leistungsfähigkeit eingesetzt werden oder es mußte mit unflexibler Hardware gearbeitet werden, wodurch die Anpaßgenauigkeit des Meßdatenerfassungssystems an die meßtechnische Aufgabe beschränkt und verlangsamt wurde. Nicht zuletzt wirkt sich dies auf die Kostenstruktur des Gesamtsystems aus.

Die Inflexibilität derartiger bekannter Prozeßmeßdatenerfassungssysteme setzt sich noch weiter bis in die Kalibrierung derartiger Sensoren fest. So ist es bei bekannten Systemen üblich, bei Ausfall eines einzigen Meßkanals auf Reservesysteme auszuweichen oder die gesamte Anlage vor Ort neu kalibrieren zu müssen; letzteres ist unvermeidbar mit einem Stillstand der gesamten Anlage verbunden.

In diesem Zusammenhang ist es bereits bekannt, Kalibrierdaten eines Sensors in dessen Verarbeitungseinheit bzw. einem hierzu gehörenden Speicher zur Korrektur der erfaßten Meßwerte abzulegen. Bei der Kalibrierung werden hierbei die alten Daten stets überschrieben, um die neuen zur Korrektur zur Verfügung zu stellen. Um eine Kontrolle für das Langzeitverhalten eines Aufnehmers zu haben, müssen zusätzliche Datenbestände geführt werden, (z. B. in Form von Listen), in denen die Kalibrier-"Geschichte" des Wandlers festgehalten ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Pro-

zeßmeßdatenerfassungs- und -verarbeitungssystem zu schaffen, welches einfach und kostengünstig aufgebaut und hochgradig flexibel ist, geringe Rüstzeiten aufweist und einen hohen Datendurchsatz gewährleistet.

Die Aufgabe ist durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 sowie der unabhängigen Nebenansprüche gelöst. Weitere, die Erfindung in vorteilhafter Weise ausgestaltende Merkmale sind in den Unteransprüchen enthalten.

Die Vorteile der Erfindung sind in erster Linie darin zu sehen, daß ein Prozeßmeßdatenerfassungs- und -verarbeitungssystem geschaffen wurde, das schnell und einfacher konfigurierbar (an unterschiedliche Meßaufgaben anpaßbar) ist, einen hohen Datendurchsatz gewährleistet und kostengünstig erstellbar und unterhaltbar ist.

Das System weist geringe Rüstzeiten auf und gewährleistet aufgrund seiner guten Kalibriereigenschaften minimale Stillstandszeiten. Es ermöglicht eine Kalibrierhistorie in den Sensoren (Meßmodulen) zu speichern, so daß insbesondere eine Trendanalyse des Alterungsverhaltens eines Aufnehmers durchgeführt und auf einen möglicherweise notwendig werdenden Austausch hingewiesen werden kann. Das hierzu verwendete rechnergesteuerte Kalibriersystem erlaubt einen weitgehend automatisierten Kalibrierablauf.

Die Erfindung wird anhand von in den Zeichnungen dargestellten Beispielen näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 ein Prozeßmeßdatenerfassungs- und -verarbeitungssystem,

Fig. 2 einen mechanischen Aufbau des Systems,

Fig. 3 ein Meßmodul nach dem Stand der Technik,

Fig. 4 ein Meßmodul nach der Erfindung,

Fig. 5 ein Meßmodul nach Fig. 4, jedoch mit erweiterten Verarbeitungs-, Konfigurier- und Kalibriermöglichkeiten,

Fig. 6 ein Ausgabe-Meßmodul,

Fig. 7 einen Zentralrechner,

Fig. 8 einen Zentralrechner nach Fig. 6, jedoch mit einer erweiterten Funktions- und Verarbeitungskapazität,

Fig. 9 ein Flußdiagramm eines Hauptprogramms für einen Zentralrechner,

Fig. 10 ein Flußdiagramm nach Fig. 9, jedoch für ein Unterprogramm zur Modulinitialisierung,

Fig. 11 ein Flußdiagramm nach Fig. 10, jedoch für eine Meßwerterfassungsroutine,

Fig. 12 ein Kalibriersystem.

In Fig. 1 ist mit 1 ein Prozeßmeßdatenerfassungs- und -verarbeitungssystem zur Erfassung mehrerer physikalischer Prozeßgrößen mp_{ij} ($i = 1, 2, \dots, l; j = 1, 2, \dots, k$) eines in Teilprozesse 2.i unterteilten, physikalischen Prozesses. Die physikalischen Prozeßgrößen mp_{ij} werden jeweils über Sensoren (Meßmodule) 3.ij erfaßt und vorverarbeitet als Datenworte über Bussysteme $mb.i$ (Meßbus) an Zentralrechner 4.i übertragen oder von diesem abgefragt.

Die Zentralrechner 4.i dienen hierbei der Verarbeitung, Verdichtung und Speicherung der als Datenworte von den Meßmodulen 3.ij umgesetzten Prozeßgrößen mp_{ij} , sowie der Steuerung bzw. dem Laden von Steuerprogrammen in die Meßmodule 3.ij und zum Koordinieren des Datenverkehrs auf den Meßbussen $mb.i$. Schließlich können die Zentralrechner 4.i noch über ein seriell Bussystem 5 untereinander und/oder mit einem Koordinationsrechner (Hostrechner) 6 verbunden sein, der der Koordination der Aufgaben des Prozeßmeßdatenerfassungs- und -verarbeitungssystems 1 sowie der Datenein- und -ausgabe und der Massenspeicherung

von Daten und Programmen dient (auf die Darstellung dieser Peripheriebausteine wurde aus Übersichtlichkeitsgründen verzichtet).

Als Hostrechner kann praktisch jeder Rechner (vom Personalcomputer an aufwärts) verwendet werden, sofern er nur über eine geeignete, standardisierte Schnittstelle, z. B. eine serielle Schnittstelle bzw. HDLC-Schnittstelle usw. verfügt.

Bei physikalischen Prozessen kleinerer räumlicher Ausdehnung oder geringerer Anzahl zu erfassender Prozeßgrößen kann das System 1 auch lediglich aus nur einem Zentralrechner 4.1 und dem ihm zugeordneten Meßmodulen 3.1/j bestehen, wobei die Ein-/Ausgabemedien dann direkt mit dem Zentralrechner 4.1 verbunden sein können; dieses System kann auch als mobiles Meßdatenerfassungssystem für bewegliche Prozesse (beispielsweise für Erprobungsfahrten von Kraftfahrzeugen) eingesetzt werden. Es wird hierzu in einem weiteren unten in Fig. 2 beschriebenen Einschubsystem untergebracht und mit einem Handeingabegerät, ein Display zum Anzeigen von Programmschritten und Meßwerten und einen Massenspeicher für Meßwerte und Meßprogramme mit einer zusätzlichen externen Schnittstelle zum Laden von Meßprogrammen und zum Auslesen von Meßdaten erweitert (nicht gezeigt). Selbstverständlich können von einem Meßmodul 3.ij auch mehrere Prozeßgrößen erfaßt werden, sofern diese entsprechend mit mehreren Meßkanälen ausgestattet sind.

Üblicherweise gelangt bei derartigen Prozeßdatenerfassungssystemen als Meßbus *mb* ein serielles Bussystem oder der sogenannte IEC-Bus zum Einsatz. Diese Bussysteme sind zwar, insbesondere was den IEC-Bus betrifft, international genormt, sind jedoch relativ unflexibel und erlauben nur geringe Datenübertragungsraten, so daß ihre Verwendbarkeit auf sogenannte "langsame" Prozesse, z. B. in der chemischen Industrie, eingeschränkt ist. Vorbestimmte Busprotokolle zur Ausbildung des Datenverkehrs schränken die Flexibilität dieser Systeme weiter ein und erfordern zudem hohe Verarbeitungsleistungen sowie entsprechende Prozessoren auf den Meßmodulen. Insbesondere für "schnelle" Prozesse, bei denen viele Meßwerte mit hoher Erfassungsrates meßtechnisch erfaßt werden müssen, sind derartige bekannte Systeme überfordert.

Gemäß der Erfindung ist nun das Bussystem *mb.i* ein erweiterter (Mikro-)Prozessorbus des Zentralrechners 4.1, auf den die Meßmodule 3.ij aufschaltbar bzw. aufsteckbar sind, bzw. das die Meßmodule 3.ij mit dem Zentralrechner 4.1 verbindende Bussystem *mb.i* wird als standardisierter, paralleler Mikroprozessorbus (SMP-Bus), beispielsweise der Fa. Siemens, und die Meßmodule 3.ij und Zentralrechner 4.1 werden mit SMP-kompatiblen Bausteinen aufgebaut. Ein Datenverkehr zwischen Meßmodulen 3.ij und Zentralrechner 4.1 wird in einem normierten Gleitkommaformat abgewickelt, in das die Meßmodule 3.ij die erfaßten, gewandelten und aufbereiteten Meßwerte umsetzt.

Hierdurch ist es möglich, ein Prozeßmeßdatenerfassungs- und -verarbeitungssystem mit weitgehend einheitlichen, einfachen und kostengünstigen Meßmodulen aufzubauen, mit denen eine Meßdatenerfassung mit einer hohen Datenrate durchgeführt werden kann. Die in Gleitkommaformat vorliegenden Daten können im Zentralrechner ferner ohne weitere Datenkonvertierung weiterverarbeitet werden.

Es ergibt sich — neben der hohen Datenerfassungsrate — eine hohe Flexibilität des Gesamtsystems, da die

einem Teilprozeß 2.1 bzw. einem Zentralrechner 4.1 zugeordneten Meßmodule 4.ij entsprechend der Meßwertaufgabe beliebig konfiguriert werden können.

Fig. 2 zeigt den meßtechnischen Aufbau eines einem Teilprozeß 2.1 zugeordneten Prozeßmeßdatensystems mit einem bekannten Einschubsystem (19"-System, Rack) 7, aus einem vorzugsweise metallischen Grundrahmen bzw. Gehäuse 8, in das Einschübe 9 eingesteckt und mit diesem verschraubt werden können (nicht gezeigt).

Im eingesteckten Zustand sind die Einschübe 9 mit Leitungen 10, 11, 12 des SMP-Busses *mb* und Leitungen 13 einer Stromversorgung 14 verbunden, die ebenfalls in das Einschubsystem gesteckt wird und über die Leitungen 13 die Einschübe mit Betriebsstrom versorgt.

Schließlich wird auf den SMP-Bus 10 bis 12 und die Stromversorgungsleitung 13 der Zentralrechner 4.1 und die Meßmodule 3.1/j in beliebiger Konfiguration aufgesteckt; hier beispielsweise zwei Meßmodule zur Erfassung von Drücken 3.11 und 3.12, Meßmodule zur Erfassung von Temperaturen 3.13 bis 3.16, ein Meßmodul zur Erfassung von Digitalsignalen 3.17, ein Meßmodul zur Erfassung der relativen Luftfeuchtigkeit 3.18 und ein Meßmodul zur Erfassung von analogen Spannungs- oder Stromsignalen 3.19. Die Maximalanzahl an aufsteckbaren Meßmodulen ist hierbei lediglich durch die maximale Buslänge des SMP-Busses bzw. durch den hiervon beeinflussten Einbauraum der Meßmodule 3.1/j im Einschubsystem begrenzt.

Durch die weitgehend wahlfreie Bestückbarkeit des Einschubsystems ergibt sich eine gute Flexibilität (d. h. Anpaßbarkeit an die Meßaufgabe) des Systems sowie eine leichte Austauschbarkeit defekter oder ungenauer (zu kalibrierender) Meßeinschübe.

Der Zentralrechner 4.1 ist ferner noch über nicht gezeigte Verbindungen (serieller Art) mit einem Hostrechner verbindbar.

Der Aufbau der Komponenten des Systems wird nun anhand der nachfolgenden Figuren erläutert, wobei mittels der Fig. 3 nochmals ein Sensor 15 bekannter Philosophie in Erinnerung gebracht werden soll. Über einen physikalisch/elektrischen Wandler (Aufnehmer) 16 wird die zu messende physikalische Prozeßgröße *m* in eine äquivalente, elektrische Signal *me* umgesetzt. Dieses wird mittels einer analogen Schaltung 17 verstärkt und gefiltert (Analogsignal *ma*). Das Analogsignal wird über einen Analog/Digital- (A/D-)Wandler 18 in ein Digitalsignal *md* umgesetzt, welches von einem Mikrorechner 19 erfaßt und weiterverarbeitet werden kann.

Der Mikrorechner 18 korrigiert das aus dem Digitalsignal abgeleitete Datenwort anhand von in einem internen oder (nicht gezeigt) externen Speicher abgelegten Korrekturwerten für Nichtlinearitäten, Verstärkungs- und Nullpunktfehler der vorgeschalteten Anordnung 16 bis 18 und gibt den so korrigierten Meßwert bei Bedarf oder auf Anforderung über einen Buskoppler 20 auf das Bussystem (z. B. IEC-Bus). Selbstverständlich ist bei einem Sensor zur Erfassung von Digitalsignalen die Analogschaltung 17 und den A/D-Wandler 18 gegen eine Signal- bzw. Impulsaufbereitungsschaltung ersetzt zu denken.

In Fig. 4 ist nun ein Meßmodul 3 nach der Erfindung gezeigt. Auf die Darstellung der Stromversorgung und von Koppellementen zum Anschließen des Meßmoduls an das SMP-Bussystem wurde aus Übersichtlichkeitsgründen verzichtet. Das Meßmodul 3 umfaßt mehrere physikalisch/elektrische Wandler (Aufnehmer) 21.1 bis 21.n, die die physikalischen Meßgrößen *mp.1* bis

mp.n in dazu äquivalente elektrische Signale *me.1* bis *me.n* umsetzen. Zur Speisung der Aufnehmer 21.1 bis 21.n dient ein steuerbares Speisespannungs- bzw. -stromteil 22.

Die elektrischen Signale *me.1* bis *me.n* werden durch parametrierbare Verstärker 23.1 bis 23.n verstärkt (verstärktes Meßsignal *mv.1* bis *mv.n*), mittels steuerbaren Filtern 24.1 bis 24.n aufbereitet (gefiltertes Meßsignal *mf.1* bis *mf.n*) und einem Analogmultiplexer 25 zugeführt. Das Multiplexsignal *ma* wird erneut mittels eines weiteren parametrierbaren Verstärkers 26 verstärkt (verstärktes Multiplexsignal *mav*) und mittels eines Abtast-Haltekreises 27 abgetastet (Abtast-Haltesignal *mash*) und zur Analog-Digitalwandlung (Analog/Digitalsignal *md*) mittels eines A/D-Wandlers 28 zwischengespeichert. Das Digitalsignal *md* wird einer Einrichtung 29 zur galvanischen Trennung (über Optokoppler oder Trenntransformatoren), die hiervon ausgehende Meßinformation *mi* einem Mikrorechner 30 zugeführt, der auch Steuerinformationen *sti* über die galvanische Trennung 29 auf einen Steuerbus 31 schaltet. Die Steuersignale *stb* auf dem Steuerbus 31 steuern das Speisespannungs- bzw. Stromteil 22, die Verstärker 32.1 bis 23.n, die Filter 24.1 bis 24.n, den Multiplexer 25, den Verstärker 26, den Abtasthaltekreis 27 und den A/D-Wandler 28. Diese Steuerbarkeit der Elemente 22 bis 28 erlaubt insbesondere einen höchst einheitlichen, weitgehend vom Aufnahmetyp unabhängigen Aufbau der Meßmodule und eine leichte Austauschbarkeit der Aufnehmer 21.1 bis 21.n auch in dem Fall, wo ein Aufnehmer eines Typs oder Herstellers durch einen andern Typ oder Hersteller mit abweichenden Aufnehmerdaten ersetzt werden soll, so daß beispielsweise andere Verstärkungsfaktoren, Nullpunkte, Filterkurven und -einsatzpunkte eingestellt werden müssen.

Der Mikrorechner 30 nimmt die Meßinformation *mi* auf, setzt sie in (Roh-)Meßdaten um, bereinigt diese von Nichtlinearitäten, Verstärkungs- und Nullpunktfehlern, dynamischen Fehlern, Temperaturgängen usw. (d. h. von Wandlereigenschaften, welche durch die vorgeschaltete Meßanordnung 21 bis 28 bewirkt sind), aufgrund eines in einem Mikrorechner 30 integrierten, nichtflüchtigen Speicherbaustein (EPROM, EEPROM) abgelegten Korrekturdatensatzes, setzt sie in ein einheitliches, normiertes Gleitkommaformat um und speichert sie zum Abruf durch den Zentralrechner 4 in einem ebenfalls im Mikrorechner integrierten Speicherbaustein mit wahlfreiem Zugriff (RAM) zwischen. Die Erfassungsrate der Meßwerte ist im Mikrorechner 30 festgelegt und kann (per Programm) durch den Zentralrechner verändert werden.

Einige Besonderheiten ergeben sich nun durch das verwendete Buskonzept des Meßbusses *mb* (SMP-Bus-system). Der Mikrorechner ist ein dem Zentralrechner 4 auf dem Bussystem *mb* untergeordneter Mikrorechner (slave-Prozessor, beispielsweise vom Typ 8742), die Steuerung des Busverkehrs übernimmt daher der Zentralrechner 4.

Zur Abfrage von Meßwerten bzw. zur Eingabe von Steuerprogrammen spricht der Zentralrechner 4 das Meßmodul bzw. den Mikrorechner 30 — wie einen üblichen Peripheriebaustein — über eine Adresse an, die er hierzu auf den Adreßbus *a* des Meßbusses *mb* legt. Mittels eines sogenannten PAL-Baustein 32 (programmable array logic) und eines Verdrahtungsfelds 33 (Wrap-Field) wird die Adresse dekodiert und der entsprechende Datenverkehr zwischen dem Mikrorechner 30 und dem Zentralrechner 4 auf dem Datenbus *d* angestoßen.

Zur freien Einstellbarkeit der Meßmoduladresse innerhalb eines Meßmoduladresebraumes dient neben dem Verdrahtungsfeld 33 ein Kodierschalterfeld 34.

Es kann somit ein sehr einfacher und kostengünstiger Mikrorechner 30 eingesetzt werden, der durch seine Aufgabe (Steuerung des Meßmoduls, Korrektur der Wandlungseigenschaften, Datenumsetzung) vernünftig ausgelastet ist. Der Datenverkehr ist sehr einfach und die normierten (Gleitkomma-)Daten erlauben eine leichte Weiterverarbeitung im Zentralrechner.

Die Erfassung der Meßwerte geschieht zu festen, durch das Steuerprogramm festgelegten Zyklen, wobei die zum Abruf durch den Zentralrechner 4 bereitzustellenden Daten in einem bestimmten Speicherbereich im Mikrorechner 30 abgelegt werden; alte Meßdaten werden hierbei überschrieben.

Fig. 5 schließlich zeigt ein Meßmodul 3' mit einer höheren Verarbeitungsleistung (bzw. mit einem höheren Adreß-Datenraum) und einer größeren Flexibilität bei der Parametrierung (Programmierung) der Meßaufgabe, so daß bereits — falls dies erforderlich ist — eine Vorverarbeitung oder Vorverdichtung der aufgenommenen, umgesetzten, von Wandlungseigenschaften bereinigten und in das normierte Gleitkommaformat umgesetzten Meßinformation stattfinden kann. Insofern ist die vorgeschaltete eigentliche Meßanordnung aus den Bausteinen 21 bis 28 identisch mit dem Meßmodul 3 nach Fig. 4. Ebenso kann eine Einrichtung zur Potentialtrennung (an gleicher Stelle wie in Fig. 4) eingesetzt sein, die jedoch aus Übersichtlichkeitsgründen weggelassen wurde.

Die Steuerung der Bausteine 21 bis 28 und die Meßdatenverarbeitung wird nun auf zwei Mikrorechner aufgeteilt, wobei der Steuerbus *stb* von einem Steuerrechner 35 (beispielsweise von Typ VPI 452) vorgenommen wird. Der Steuerrechner 35 erhält Steuerinformationen und -programme über eine serielle Schnittstelle *sbsV* von einem Verarbeitungsrechner 36, beispielsweise vom Typ 8096; dieser erhält das Digitalsignal und mit der Meßinformation vom A/D-Wandler 28 über einen Seriell-/Parallel-Wandler 37, welcher hierzu über einen parallelen Verarbeitungsbus *vb*, 38 (Verarbeitungsdatenbus *vd*, Verarbeitungssteuerbus *vs*, Verarbeitungsadreßbus *va*) mit dem Verarbeitungsrechner 36 verbunden ist.

Über den Verarbeitungsbus *vb*, 38 kann der Verarbeitungsrechner ferner auf einen flüchtigen Speicherbaustein mit wahlfreiem Zugriff RAM 39, von dem wenigstens ein Teil batteriegepuffert ist (nicht gezeigt), und einem nichtflüchtigen Nur-Lese-Speicherbaustein 40 (ROM, EPROM, EEPROM...) zugreifen.

Die Ankoppelung des Meßmoduls 3' bzw. des Verarbeitungsprozessors 36 (über den Verarbeitungsbus *vb*, 38) an den Meßbus *mb* erfolgt nun auf besondere Weise:

— Zwischen Verarbeitungsdatenbus *vb* und Datenbus *d* des Meßbusses *mb* ist ein sogenannter DUAL-PORT-RAM-Baustein 41 angeordnet, von dem ein Auslesen bzw. in den ein Einlesen von Daten sowohl vom Verarbeitungsbus *vb* als auch vom Meßbus *mb* aus völlig unabhängig voneinander möglich ist; der Baustein 41 dient daher als Datenpuffern;

— Steuerinformation wird von beiden Seiten (Verarbeitungssteuerbus *vs* und Steuerbus *s*) über ein Verdrahtungsfeld 42 und einen PAL-Baustein 43 ausgetauscht; vom Verdrahtungsfeld 42 aus wird auch der DUAL-PORT-RAM-Baustein 41 ange-

steuert.

— Der Verarbeitungsrechner 36 kann Adressen auf den Adreßbus des Meßbusses *mb* direkt aufschalten.

— Die Adressierung des DUAL-PORT-RAM-Bausteins 41 erfolgt vom Verarbeitungsbus *vb* aus direkt, vom Meßbus *mb* aus, wie beim Meßmodul 3 über einen PAL-Baustein 44 und ein Verdrahtungsfeld 45; die Einstellung der Adressen erfolgt über ein Kodierschalterfeld 46 und das Verdrahtungsfeld 45.

Durch die Einführung des DUAL-PORT-RAM-Bausteins 41 ist es möglich, auch größere Datensätze zwischenspeichern, so daß auch "ältere" Meßinformation nicht verlorengeht, wenn der Zentralrechner gerade beschäftigt ist und seinen Abfragezyklus nicht einhalten kann.

Als weitere Besonderheit weist der Verarbeitungsrechner 36 eine serielle Schnittstelle 47 (serieller Bus *sb*) auf, welche im Meßmoduleinschub von der Vorderseite aus kontaktierbar ist. Über diesen seriellen Bus *sb* ist das Meßmodul 3' jederzeit — zusätzlich zu der Konfigurierbarkeit über den Meßbus *mb* und dem Zentralrechner 4 — konfigurierbar, d. h., mit Meßprogrammen ladbar und/oder kalibrierbar, oder es kann eine Datenverbindung zu anderen Modulen, Rechnern etc. zum Datenaustausch geschaffen werden.

Es sei abschließend bemerkt, daß auf die Darstellung weiterer, zum Betrieb der Komponenten des Meßmoduls 3' benötigter Bausteine wie Taktgeber, Koppelbausteine zum Meßbus *mb* usw. aus Gründen der besseren Übersicht verzichtet wurde. Diese sind dem Fachmann ohnehin bekannt.

Das Meßmodul 3' kann ferner noch mit einem Signalprozessor ausgestattet bzw. um einen solchen erweitert werden, welcher eine Meßdatenerfassung und -vorverarbeitung mit noch höherer Datenrate zur Meßdatenerfassung bei besonders zeitkritischen Prozessen, wie z. B. Crashtests im Automobilbau, erlaubt; der Signalprozessor kann entweder wenigstens einen der beiden Rechner 35, 36 ersetzen (und selbst auf den Meßbus aufgeschaltet sein) oder diese ergänzen.

Zu den Meßmodulen ist abschließend zu bemerken, daß die physikalisch/elektrischen Wandler auch außerhalb der Meßeinschübe angeordnet, d. h., von diesen abgesetzt sein können und mit diesen über Lichtleiter oder elektrische Leitungen verbunden sein können.

In Fig. 6 ist als Beispiel für ein Ausgabe-Meßmodul 3'' ein digitales Ein-/Ausgabemodul gezeigt, welches in gleicher Weise wie die Meßmodule 4, 4' auf den Meßbus *mb* (innerhalb des Einschubsystems 7 nach Fig. 2) aufgesteckt werden kann. Das Ausgabe-Meßmodul 3'' dieser Art kann beispielsweise zum Ansteuern digital arbeitender Stellglieder, wie z. B. Elektromagnetventile bzw. zur Erfassung von Rückmeldesignalen verwendet werden.

Ein Ein-Chip-Mikrorechner (Slave-Prozessor, beispielsweise von Typ 8742) ist, wie beim Meßmodul 3 direkt mit dem Datenbus *d* und mit dem Steuerbus *s* und dem Adreßbus *a* über ein Verdrahtungsfeld 49 verbunden. Zur Dekodierung der den Datenverkehr von/zum Zentralrechner 4 anstößenden Adresse dient ein an den Adreßbus *a* und an ein zum Einstellen der Ausgabe-
moduladresse dienendes Kodierschalterfeld 15 angeschlossener PAL-Baustein 51.

Über einen bidirektionalen Port 52 ist ein Porterweiterungsbaustein 53 vom Typ 8243 angeschlossen, der über einen ersten Port 54 und einen zweiten Port 55

jeweils bis zu 8 Ausgänge oder Eingänge in beliebiger Konfiguration bedienen kann. Diese Ausgänge werden mittels eines ersten Treiberbausteins 56 und eines zweiten Treiberbausteins 57 vom Typ 29828 verstärkt und über einen ersten und zweiten Baustein zur galvanischen Trennung 58, 59 mit Optokopplern 60, 61 oder Relais 62, 63 auf erste und zweite Steckbuchsen 64, 65 zum Anschluß der Stellglieder und Rückmelder (nicht gezeigt) geschaltet. Die Eingangssignale gelangen von den Steckbuchsen 64, 65 über Optokoppler 66, 67 direkt auf den Porterweiterungsbaustein 53.

Das Ausgabe-Meßmodul 3'' kann selbstverständlich auch analoger Bauart sein (nicht gezeigt). Es umfaßt dann im wesentlichen dieselben Elemente wie ein Meßmodul 3, nur daß der Ausgabesignalweg in umgekehrter Reihenfolge durchlaufen und anstatt des Analog-/Digitalwandlers ein Digital-/Analogwandler eingesetzt ist und der Abtasthaltebaustein 27 und evtl. der Multiplexer 25 entfallen können.

Das Ausgabe-Meßmodul 3'' wird wie die Meßmodule 3, 3' über eine Ausgabe-Meßmoduladresse (Adreßbus *a*) vom Zentralrechner 4 angesprochen und kann Ausgangssignale aufgrund von über den Datenbus *d* eingelesenen Informationen erzeugen (bspw. Ein-/Ausgangssignale, Taktraten usw.), um hiermit prozeßsteuernde Größen direkt oder über elektro-physikalische Wandler zu beeinflussen. Das Prozeßmeßdatenerfassungs- und -verarbeitungssystem kann auf diese Weise im Extremfall bis zum Prozeßsteuer- und -regelsystem ausgebaut werden.

Der Datenverkehr auf dem Datenbus *d* läuft auch hier wieder im normierten Gleitkommaformat ab, sofern es sich nicht nur um rein digitale Stellbefehle handelt. Der Mikrorechner 48 kann die elektro-physikalischen Wandler derart ansteuern, daß deren statische und dynamische Wandlungseigenschaften ausgeglichen werden. Im Falle analoger Ausgabe-Meßmodule können diese auch einen Meßwertaufnahmeteil wie die Meßmodule 3, 3' aufweisen und mit Regelkreisen versehen sein.

Fig. 7 zeigt ein Beispiel für einen Zentralrechner 4, der den Datenverkehr auf dem Meßbus steuert, die von den Meßmodulen 3, 3' eingeholten Meßwerte (Datenworte in normiertem Gleitkommaformat) weiter verarbeitet, zwischenspeichert und über das serielle Bussystem *sbh*, 5 dem Hostrechner 6 bzw. einem Ausgabemedium zur Verfügung stellt. Ebenso werden vom Zentralrechner 4 aus die Meßeinschübe konfiguriert, d. h., mit Meßprogrammen geladen und die Ausgabe-Meßmodule 3'' angesteuert.

Der Zentralrechner 4 umfaßt einen Mikroprozessor 68 vom Typ 8031, 8051, 8751 oder 80186, der mit dem Steuerbus des Meßbusses *mb* direkt (Ein-/Ausgang 69) verbunden ist und auch einen Teil des Adreßbraums des Meßbusses *mb* direkt abdeckt (Ein-/Ausgang 70). Der übrige Adreß- und Datenverkehr wird über einen Ein-/Ausgang 71 des Mikroprozessors 68 abgewickelt, wobei der Adreßverkehr über ein Speicher-Flip-Flop 72, beispielsweise vom Typ 74LS373, mit dem Adreßbus *a* des Meßbusses *mb* stattfindet und der Datenverkehr über einen Bustreiber 73 (74LS245) mit dem Datenbus *d* des Meßbusses *mb*. Der Meßbus *mb* ist somit der erweiterte Mikroprozessorbus des Mikroprozessors 68 (SMP-Baustein). Als Speicherbausteine dienen ein flüchtiger Speicher mit wahlfreiem Zugriff (RAM) 74 und ein programmierbarer, nichtflüchtiger (EPROM) oder batteriegepuffert, flüchtiger Baustein 75 mit wahlfreiem Zugriff (RAM), die mit ihrer Steuer- und

Adreßleitung direkt auf den Meßbus *mb* und mit den Datenleitungen am Ausgang 71 des Mikroprozessors 68 liegen.

Ein Zentralrechner 4' mit erweiterter Verarbeitungs-kapazität bzw. erweitertem Adreß-/Datenraum zeigt Fig. 8. Er umfaßt einen Mikroprozessor 76 vom Typ 80186, der mit seinem Steuerein-/Ausgang 77 über einen Bustreiberbaustein 78 vom Typ 82188 am Steuerbus des Meßbusses *mb* liegt und mit einem parallelen Ein-/Ausgang 79 über einen Bus-Sender/Empfänger-Baustein 80 (für 16 Bit Daten werden jeweils 2 verwendet) vom Typ 74LS645 an den Datenbus *d* und über Speicher-Flip-Flops 81 vom Typ 74LS 373 an den Adreßbus *a* gelegt werden kann, wobei auch hier wieder das interne Bussystem *sbi* des Zentralrechners 4' (interner Steuerbus *si*, interner Datenbus *di* und interner Adreßbus *ai*) über Pufferbausteine 82, 83 vom Typ 74LS 240/244 bzw. Bus-Sender-/Empfängerbausteine 84 vom Meßbus *mb* (erweiterter Mikroprozessorbus) entkoppelt sind.

Ein mathematischer Kompressor 85 vom Typ 8087 ist zur Beschleunigung von Berechnungsvorgängen mit dem Ausgang 79 des Mikroprozessors 76 und mit dem internen Steuerbus *si* verbunden. Schließlich sind an das interne Bussystem *sbi* noch Speicherbausteine 86 (RAM) bzw. 87 (ROM, PROM, EPROM, EEPROM, batteriegepuffertes RAM), sowie ein serieller Datenkommunikationsbaustein 88, beispielsweise vom Typ 8274 zum Datenverkehr über ein seriellles Bussystem *sbh'* (5) mit dem Hostrechner 6 angeschlossen. Anstatt des Kommunikationsprozessors 88 oder zusätzlich zu diesem kann auch ein HDLC-Prozessor für einen schnellen, seriellen Datenverkehr zum Hostrechner 6 über Lichtleiter an den internen Datenbus angeschlossen sein.

In Fig. 8 ist ein Hauptprogramm für einen Zentralrechner 4, 4' beschrieben. Nach einem Systemstart oder einem Reset 89 erfolgt eine Initialisierung 90 des Mikrorechners 68, 76 des Zentralrechners 4, 4' (Rücksetzen des Rechners in einem definierten Grundzustand). Es wird eine sogenannte "Grenzwertdatei" initialisiert, 91; hierbei handelt es sich um ein nicht näher beschriebenes Programmteil zur Überwachung von Grenzwerten einzelner analoger und/oder digitaler Prozeßgrößen oder von Funktionen mehrerer Prozeßgrößen. Überschreiten Prozeßgrößen oder Funktionen ihre Grenzwerte, so setzt der Zentralrechner 44 einen schnellen Interrupt zum Hostrechner ab, welcher daraufhin entsprechende Maßnahmen einleitet.

Anschließend werden die Meßmodule zurückgesetzt, 92 und ein erstes Unterprogramm 93 zur Meßmodulinitalisierung aufgerufen, das später noch anhand der Fig. 10 näher erläutert wird. Nach Passieren einer Marke A wird ein zweites Unterprogramm 94 mit einer Meßwerterfassungsroutine durchlaufen und abgefragt, 95, ob ein Parametrierkommando vom Hostrechner 6 vorliegt; wenn die Abfrage 95 positiv ist, wird ein neues Meßwerterfassungsprogramm vom Hostrechner 6 zum Zentralrechner 4, 4' übertragen, worauf der Zentralrechner 4, 4' die Meßmodule 3, 3' und Ausgabe-Meßmodule 3'' nur parametriert, d. h., mit Meßprogrammen oder Steuerprogrammen lädt; dies geschieht mittels einer Unterprogramms "Parametrier-Routine" 96, das nicht näher spezifiziert zu werden braucht. Abschließend wird, ebenso wie bei negativer Abfrage 95 zur Marke A zurückverzweigt.

Das erste Unterprogramm 93 "Modulinitalisierung" ist in Fig. 10 gezeigt. Nach dem Programmstart 97 wird zunächst eine (Meß-)Moduladresse auf den untersten

Wert eines Moduladreibereichs gesetzt, 98, und nach Passieren einer Marke B die Meßmodule 3, 3', und Ausgabe-Meßmodule 3'' mittels einer Programmschleife initialisiert, indem ein Initialisierungskommando und die aktuelle Moduladresse auf den Meßbus aufgeschaltet wird, 99 und bis zum Überschreiten des Meßmoduladreibereichs (Abfrage 100) die Meßmoduladresse jeweils um 1 erhöht, 101 und zur Marke B zurückgekehrt.

Anschließend wird die Moduladresse wieder auf den untersten Wert des Moduladreibereichs gelegt, 102 und nach Passieren einer Marke C ein Modulstatus abgefragt, 103. Dies bedeutet, es wird abgefragt, ob ein Meßmodul 3, 3' oder Ausgabe-Meßmodul 3'' auf den Meßbus *mb* aufgesteckt ist, dessen Moduladresse (mittels des Kodierschalterfelds 34, 46, 50 eingestellt) mit der ausgegebenen Moduladresse übereinstimmt; dies geschieht, indem die aktuelle Moduladresse und eine Statusabfrage auf den Meßbus aufgeschaltet werden.

Ist kein Meßmodul mit dieser Adresse gesteckt, so wird zu einer Marke D weiterverzweigt; ist dagegen die Abfrage 103 positiv, so fordert der Zentralrechner 4, 4' vom Meßmodul 3, 3' oder Ausgabe-Modul 3'' ein Moduldatum an, das eine Anzahl Meßkanäle (d. h., wieviel Meßeingänge beaufschlagt sind) oder Ausgabekanäle angibt, 104. Anschließend wird Moduladresse und Kanalanzahl in einer Kanaltabelle angelegt, 105, und nach Passieren der Marke D die Moduladresse um 1 erhöht, 106 und abgefragt, 107, ob der Moduladreibereich bereits überschritten ist; wenn nein, wird zur Marke C zurückverzweigt, wenn ja, das Unterprogramm beendet, 108 und ins aufrufende Programm zurückgekehrt.

Fig. 11 schließlich zeigt das zweite Unterprogramm 94 der Meßerfassungsroutine. Nach dem Programmstart 109 werden zunächst Zählindizes *U* und *V* zu Null gesetzt (unterster Wert der Kanaltabelle, wobei unter *U* die Moduladresse und unter *V* die Kanalanzahl abgelegt ist), 110. Nach Passieren einer Marke E wird die Moduladresse auf den zu *U* korrespondierenden Kanaltabellenwert gesetzt, 111. Anschließend wird abgefragt, 112, ob die Moduladresse außerhalb des Meßmoduladreibereichs (hier beispielsweise zwischen 0 und 255) liegt; wenn ja, ist kein Meßmodul adressiert und es wird über eine Marke F zum Programmende 113 verzweigt, wenn nein, wird die Kanalanzahl auf den zu *V* korrespondierenden Kanaltabellenwert gesetzt, 114.

Nach Passieren einer Marke G wird abgefragt, ob die Kanalanzahl gleich Null ist, 115 (das gesteckte Meßmodul wird nicht zur Messung benötigt); ist dies der Fall, so werden die Indices *U*, *V* jeweils um 1 erhöht, 116 und zur Marke E zurückverzweigt, ist dies nicht der Fall, wird die Moduladresse und ein Kommando "Meßwert lesen" auf den Meßbus ausgegeben, 117 und ein sogenannter "Time-Out-Zähler" gestartet, 118.

Nach Passieren einer Marke H wird abgefragt, ob der Modulstatus gleich Eins ist, 119; wenn nein, erfolgt eine Abfrage 120, ob der Time-Out-Zähler seinen Endwert erreicht hat. Ist die Abfrage 120 negativ, wird zur Marke H zurückverzweigt, so daß der Zentralrechner 4, 4' weiter auf eine Modulstatusantwort vom adressierten Meßmodul 3, 3' warten kann; ist die Abfrage 120 dagegen positiv, so wird ein (nicht näher beschriebenes) Unterprogramm "Fehlerroutine", 121 aufgerufen und über die Marke F zum Programmende 113 fortgeschritten. Das Unterprogramm 121 startet bestimmte Diagnosevorgänge und leitet gegebenenfalls eine Anzeige auf dem Hostrechnersystem ein.

Ist die Abfrage 119 dagegen positiv, so wird ein Datenbyte aus dem Datenspeicher des adressierten Meß-

moduls 3, 3' ausgelesen und im Zentralrechner 4, 4' abgespeichert, 122. Nachfolgend wird abgefragt, ob bereits ein ganzer zusammengehörender Datensatz (hier: beispielsweise vier Datenbytes pro Meßwert) gelesen wurde, 123; wenn nein, wird zur Marke *H* zurückver-
zweigt, wenn ja, die Kanalanzahl um Eins vermindert, 124, und zur Marke *G* zurückgekehrt, um den (Meßwert-)Datensatz des nächsten Kanals desselben Meßmoduls abzufragen.

Fig. 12 schließlich zeigt ein Kalibriersystem 125 für Meßmodule 3 bzw. 3'. Die wesentlichen Komponenten sind:

- ein IEC-Bus-kompatibler Kalibrierrechner 126 zur Steuerung eines Kalibriervorgangs des gesamten Kalibriersystems 125 über einen IEC-Bus 127,
- eine Eingabeeinrichtung 128 und eine Anzeigeeinheit 129 (Bildschirm),
- eine Kalibrierquelleneinrichtung 130 zur Bereitstellung genau quantifizierter, physikalischer Kalibriergrößen *pkg* (Eichnormale),
- ein Klimaschrank 131 zur Temperierung von physikalisch/elektrischen Wandlern (Aufnehmer 21) bzw. zur Feststellung des Temperatureinflusses auf die Meßeinrichtungen,
- ein Kalibriereinschubsystem 132,
- ein Plotter 133 zur Ausgabe von Kalibrierdaten bzw. -kurven und -meßwerten in Toleranzbanddarstellung und ein Plotter 134.

Die Kalibrierquelleneinrichtung 130 ist ebenso wie die weiteren Komponenten 131 bis 134 an den IEC-Bus angeschlossen. Sie weist mehrere elektro-physikalische Wandler 135.1 bis 135.y auf, die auf Eingabe elektrischer Sollwerte (in Form von Daten vom Kalibrierrechner 126) genau definierte und quantifizierte, physikalische Kalibriergrößen *pkg.1* bis *pkg.y* zur Beaufschlagung der Meßeingänge bzw. der elektrophysikalischen Wandler der Meßmodule 3 bzw. 3' abgibt. Es handelt sich hierbei beispielsweise um Druckquellen, Temperaturquellen bzw. -senken, Stromquellen, Spannungsquellen usw.

Das Kalibriereinschubsystem 132 ist mechanisch vergleichbar aufgebaut wie das Einschubsystem 7 für die Meßmodule des Prozeßmeßdatenerfassungssystem nach Fig. 2. Es weist lediglich neben Leitungen zur Stromversorgung (nicht gezeigt), den Adreßbus *a*, 136, dem Datenbus *d*, 137 und dem Steuerbus *s*, 138 des Meßbusses *mb* zusätzliche Anschlußleitungen 139 zur Bereitstellung von Programmierspannungen *ps* für die EPROMs auf dem Mikrorechner 30 des Meßmoduls 3 auf. Das Kalibriereinschubsystem 132 ist ferner noch mit einem Umsetzer 140 zur Umsetzung der IEC-Bus-Signale in SMP-Bus-kompatible Signale ausgestattet sowie mit einem Programmierspannungsgenerator 141 und einem Einkoppelbaustein 142 zum Anschluß der Meßmodule 3 bzw. 3' an das Kalibriersystem 125.

Die Meßmodule 3' benötigen allerdings keine Programmierspannung, da in diesen Meßmodulen die Kalibrierdaten in einem batteriegepufferten RAM abgelegt sind; sie werden zur Kalibrierung bzw. zum Kalibrierdatenaustausch über das serielle Bussystem *sb* an den Kalibrierrechner 126 angeschlossen.

Der modulare Aufbau des Prozeßdatenerfassungssystems und der Aufbau des Kalibriersystems 125 erlaubt es,

- Prozeßdatenerfassungssystem und Kalibriersystem räumlich voneinander zu trennen,

— Meßmodule einzeln zu kalibrieren, d. h., bei einem fehlerhaft messenden oder routinemäßig zu kalibrierenden Meßeinschub muß nicht das ganze Prozeßdatenerfassungssystem stillgelegt und eine Kalibriereinrichtung zum System hingebacht werden, sondern das entsprechende Meßmodul wird aus dem Einschubsystem 7 herausgenommen und im Kalibriersystem neu kalibriert und dann wieder in das Einschubsystem 7 eingesetzt oder durch ein Reservemeßmodul gleichen Typs ersetzt, wobei lediglich im Kodierschalterfeld 34 des Reservemoduls die Adresse des Meßmoduls 3, 3' entsprechend einzustellen und das Meßmodul vom Zentralrechner 4 aus entsprechend der Meßaufgabe zu konfigurieren ist,

— das Prozeßdatenerfassungssystem durch Bereithaltung von Ersatz-Meßmodulen mit minimalen Ausfallzeiten betreiben zu können, wobei für mehrere Meßmodule gleichen Typs lediglich ein Ersatz-Meßmodul benötigt wird.

Bei einer Erstkalibrierung läuft ein Kalibriervorgang nun in folgender Weise ab:

— Nach Einstecken des Meßmoduls oder der Meßmodule 3, 3' in das Kalibriereinschubsystem werden die physikalisch-elektrischen Wandler 21 der Meßmodule 3, 3' mit physikalischen Kalibriergrößen *pkg* variabler Werte beaufschlagt. Da bei einer Erstkalibrierung noch keine Korrekturdaten im Korrekturdatenspeicherbereich der Meßmodule abgelegt sind, schaltet das Meßmodul unkorrigierte Meßdaten auf den Meßbus auf. Diese unkorrigierten Meßdaten werden im Kalibrierrechner 126 mit Solldaten verglichen.

— In einer zweiten Phase errechnet der Kalibrierrechner Korrekturdaten zum Abgleich der Wandelegenschaften aller Komponenten des Meßmoduls, wie z. B. Verstärkungs-, Nullpunktfehler, statische und dynamische Fehler und Nichtlinearitäten, Temperaturgänge usw. und schreibt die Korrekturdaten in den Korrekturdatenspeicherbereich ein.

— In einer dritten Phase werden die physikalischen Wandler 21 der Meßmodule erneut mit Kalibriergrößen variabler Werte beaufschlagt. Das Meßmodul schaltet nun auf den Meßbus *mb* die erfaßten, korrigierten, in normiertes Gleitkommaformat gewandelten Meßdaten auf. Der Kalibrierrechner vergleicht diese erneut mit Solldaten, so daß bei Überschreiten eines vorgegebenen Toleranzbands die Kalibrierung gegebenenfalls wiederholt werden kann.

Eine Zweit- oder weitere Kalibrierung (Rekalibrierung) läuft folgendermaßen ab: Nach Beaufschlagung der Meßmodule mit den Eichnormalen und dem Vergleich der erfaßten Daten mit den Solldaten wird, sofern diese nicht ausreichend eingehalten werden, eine auf den Anfang eines Datensatzes mit den aktuellen Kalibrierdaten hinweisende Adresse aktualisiert (erhöht). Dieser neue Datensatz ist jedoch nicht vorhanden, so daß das Meßmodul nach Beaufschlagung mit Eichnormalen wieder unkorrigierte Werte abliefern; der weitere Vorgang der Kalibrierung (zweite und dritte Phase) läuft dann wie bei der Erstkalibrierung ab.

Das Einschreiben der Korrekturdaten bei der Rekalibrierung in immer neue Speicherbereiche hat gegen-

über dem bekannten Überschreiben des alten Korrekturdatensatzes zwei gewichtige Vorteile:

- Zum ersten müssen keine besonderen "Umschaltssignale" zwischen Kalibrierrechner und Meßmodul ausgetauscht werden, da das Meßmodul bei einem fehlenden Korrekturdatensatz in dem von der Anfangsadresse angezeigten Speicherbereich automatisch nicht korrigierte Meßdaten abgibt.
- Zum zweiten können die "alten" Kalibrierdatensätze vom Kalibrierrechner jederzeit ausgelesen und somit das Alterungsverhalten der Aufnehmer (bzw. der Meßanordnung) durch Trendanalyse festgestellt werden. Dieses kann als wichtiges Hilfsmittel für die Ermittlung der Zeitdauer bis zur nächsten Kalibrierung oder für die Entscheidung zum Austausch des Aufnehmers oder eines anderen defekten Teils verwendet oder sogar zur dynamischen Korrektur der Meßwerte herangezogen werden.
- Zum dritten ist eine separate "Buchführung" über den Werdegang (bzw. die Rekalibrierungen) des Meßmoduls unnötig.
- Zum vierten ist ein Löschen von Daten auf dem nichtflüchtigen Speicherbaustein überflüssig. Dies ist insbesondere bei nur lichtlöschraren Speicherbausteinen von größerem Nutzen, da diese Speicherbausteine nur insgesamt lösbar sind, so daß auch andere wichtige Informationen (z. B. Programme) verloren gehen und jedesmal wieder neu geladen werden müssen.

Selbstverständlich können auch Ausgabe-Meßmodule 3'' kalibriert werden. Hierzu steuert der Kalibrierrechner 126 diese an und nimmt mit Präzisions-Meßgeräten, die ebenfalls an den Kalibrierrechner 126 angeschlossen sind, die Ausgabewerte auf (nicht gezeigt). Der Kalibriervorgang läuft hierbei weitgehend identisch zu den beiden Meßmodulen 3, 3' ab.

Es sei abschließend bemerkt, daß die angegebenen Bausteinspezifikationen nur Richtlinien sind. Selbstverständlich können auch andere kompatible Bausteine verwendet werden. Ebenso kann anstatt des SMP-Buskonzepts selbstverständlich auch ein anderes (Mikro-)Prozessor-Buskonzept mit der dazugehörigen Bausteinfamilie verwendet werden.

Patentansprüche

1. Prozeßmeßdatenerfassungs- und -verarbeitungssystem zur Erfassung und Verarbeitung mehrerer physikalischer Prozeß-Größen, welche über Sensoren (Meßmodule) erfaßt und vorverarbeitet als Datenworte über ein Bussystem an einen oder mehrere, hierarchisch gestufte Verarbeitungs-, Steuer- und Koordinationsrechner (Zentralrechner, Hostrechner) übertragen werden, wobei die jeweils eine oder mehrere physikalische Größen erfassenden Meßmodule wenigstens einen baulich mit diesem vereinigten oder von diesem abgesetzten, elektrisch leitend oder über Lichtleiter mit dem Meßmodul verbundenen Aufnehmer zur Erfassung der physikalischen Größe und zu deren Wandelung in ein äquivalentes elektrisches Signal, sowie Schaltungen zur Aufbereitung und/oder Umsetzung des oder der elektrischen Signale und/oder deren Verstärkung und/oder zur Potentialtrennung und/oder zum Multiplexen und/oder zum Analog-/Digital-

wandeln von Signalen sowie einen Mikrorechner umfassen, welcher umgesetzte oder digitalgewandelte Signale übernimmt und Wandlungseigenschaften der Meßmodule, wie z. B. Nichtlinearitäten, Verstärkungs- und Nullpunktfehler der Aufnehmer aufgrund von in einem nichtflüchtigen Speicher abgelegter Korrekturdaten abgleicht und Meßwerte als Datenworte zur Abfrage durch den Zentralrechner bereitstellt, dadurch gekennzeichnet, daß das Bussystem (*mb.i, mb*) ein erweiterter Prozessorbus des Zentralrechners (4.i, 4, 4') ist, auf den die Meßmodule (3.i, 3, 3', 3'') aufschaltbar bzw. aufsteckbar sind.

2. Prozeßmeßdatenerfassungs- und -verarbeitungssystem zur Erfassung und Verarbeitung mehrerer physikalischer Prozeß-Größen, welche über Sensoren (Meßmodule) erfaßt und vorverarbeitet als Datenworte über ein Bussystem an einen oder mehrere, hierarchisch gestufte Verarbeitungs-, Steuer- und Koordinationsrechner (Zentralrechner, Hostrechner) übertragen werden, wobei die jeweils eine oder mehrere physikalische Größen erfassenden Meßmodule wenigstens einen baulich mit diesem vereinigten oder von diesem abgesetzten, elektrisch leitend oder über Lichtleiter mit dem Meßmodul verbundenen Aufnehmer zur Erfassung der physikalischen Größe und zu deren Wandelung in ein äquivalentes elektrisches Signal, sowie Schaltungen zur Aufbereitung und/oder Umsetzung des oder der elektrischen Signale und/oder deren Verstärkung und/oder zur Potentialtrennung und/oder zum Multiplexen und/oder zum Analog-/Digitalwandeln von Signalen sowie einem Mikrorechner umfassen, welcher umgesetzte oder digitalgewandelte Signale übernimmt und Wandlungseigenschaften der Meßmodule, wie z. B. Nichtlinearitäten, Verstärkungs- und Nullpunktfehler der Aufnehmer aufgrund von in einem nichtflüchtigen Speicher abgelegter Korrekturdaten abgleicht und Meßwerte als Datenworte zur Abfrage durch den Zentralrechner bereitstellt, insbesondere nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das die Meßmodule (3.i, 3, 3', 3'') mit dem Zentralrechner (4.i, 4, 4') verbindenden Bussystem (*mb.i, mb*) auf der Basis eines standardisierten, parallelen Mikroprozessorbusses (SMP-Bus) aufgetaut ist.

3. Prozeßmeßdatenerfassungs- und -verarbeitungssystem nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikrorechner (30, 36) der Meßmodule (3.i, 3, 3', 3'') die erfaßten und korrigierten Meßwerte in Datenworte in ein normiertes Gleitkommaformat umsetzen und zum Abruf durch den Zentralrechner (4.i, 4, 4') in einem Speicher (39) mit wahlfreiem Zugriff zwischenspeichern.

4. Prozeßmeßdatenerfassungs- und -verarbeitungssystem nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßmodule (3.i, 3, 3', 3'') vom Zentralrechner (4.i, 4, 4') zum Abruf der Datenworte über den Mikroprozessorbus (*mb.i, mb*) mittels eines Adreßworts entsprechend einer meßmodulspezifischen Adresse angesprochen werden.

5. Prozeßmeßdatenerfassungs- und -verarbeitungssystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Adresse im Meßmodul wenigstens durch Kodierschalter einstellbar festgelegt und durch einen PAL-Baustein (Programmable Array Logic)

(32, 34) und/oder ein Verdrahtungsfeld (33, 45) dekodiert wird.

6. Prozeßmeßdatenerfassungs- und -verarbeitungssystem nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Teil der meßmodulspezifischen Adresse entsprechend des Typs des Meßmoduls (3.ij, 3, 3', 3'') und/oder der Anzahl verwendeter, gleichartiger Meßmodul-Typen innerhalb des Prozeßmeßdatenerfassungs- und -verarbeitungssystems und/oder dem Typ des Meßmoduls (3.ij, 3, 3', 3'') und/oder nach der Art der erfaßten physikalischen Größe (mp.ij) und/oder nach dem Meßbereich festgelegt wird.

7. Prozeßmeßdatenerfassungs- und -verarbeitungssystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine Rate, mit der die Meßmodule die physikalischen Größen (mp.ij) erfassen, innerhalb der Meßmodule (3.ij, 3, 3', 3'') festgelegt, jedoch über das Bussystem (mb.i, mb) vom Zentralrechner (4.i, 4) aus konfigurierbar ist.

8. Prozeßmeßdatenerfassungs- und -verarbeitungssystem nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das System mittels eines Einschubsystems (7) (Racks) realisiert ist, daß eine Stromversorgung (13, 14) sowie das Bussystem (10—12) umfaßt, auf das der Zentralrechner (4.i, 4, 4') und die als Einschübe realisierten Meßmodule (3.ij, 3, 3', 3'') in lediglich durch eine maximale Länge des Mikroprozessorbusses und dem Einbauraum der Meßmodule (3.ij, 3, 3', 3'') begrenzten Anzahl und beliebiger Konfiguration entsprechend der Meßaufgabe aufsteckbar sind.

9. Prozeßmeßdatenerfassungs- und -verarbeitungssystem nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Mikrorechner (36) der Meßmodule (3') zusätzlich Aufgaben der Datenvorselektion und/oder der Datenvorverdichtung und/oder der Datenverarbeitung und/oder der Datenzwischenspeicherung übernimmt.

10. Prozeßdatenerfassungs- und -verarbeitungssystem nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Meßmodul (3') zusätzlich ein zwischen Mikrorechner (36) und Bussystem (mb) eingesetzten Dual-Port-RAM (41) umfaßt, in das Daten, Adressen oder Instruktionen sowohl vom Mikrorechner (36), als auch vom Zentralrechner (4.i, 4, 4') aus eingelesen, ausgelesen oder zwischengespeichert werden können.

11. Prozeßmeßdatenerfassungs- und -verarbeitungssystem nach den Ansprüchen 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufgaben des Mikrorechners durch einen der Verarbeitung und Umsetzung der Meßdaten dienenden Verarbeitungsprozessor (36) und einen mit diesem gekoppelten, der Steuerung von Komponenten (21 bis 28) der Meßmodule (3') dienenden Steuerprozessor (35) vorgenommen werden.

12. Prozeßmeßdatenerfassungs- und -verarbeitungssystem nach Anspruch 9, 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßmodule (3') über eine zusätzliche serielle Schnittstelle (47) verfügen, über die die Meßmodule (3') jederzeit konfigurierbar, d. h. mit Meßprogrammen ladbar und/oder kalibrierbar sind und/oder über die eine Datenverbindung (sb) zu Submodulen geschaffen werden kann.

13. Prozeßmeßdatenerfassungs- und -verarbeitungssystem nach wenigstens einem der vorangegangenen

nen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das System (1) zusätzlich mit adressierbaren Ausgabe-Meßmodulen (3'') bestückt werden kann, mit welchem prozeßsteuernde Größen mittels über einen Mikrorechner (48) angesteuerten elektrophysikalischen Wandlern beaufschlagt werden.

14. Prozeßmeßdatenerfassungs- und -verarbeitungssystem nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Ansteuerung der Ausgabe-Meßmodule (3'') durch den Zentralrechner (4.i, 4, 4') durch Ausgabe einer Ausgabemodul-Adresse und eines Steuerwortes im normierten Gleitkommaformat erfolgt, welches vom Mikrorechner (48) des Ausgabe-Meßmoduls (3'') in einen Ansteuerwert für den elektrophysikalischen Wandler oder für Treiberschaltungen (56, 57) des elektrophysikalischen Wandlers derart umgesetzt wird, daß die prozeßsteuernde Größe einen zum Steuerwort proportionalen Wert annimmt, wobei statische und/oder dynamische Wandlungseigenschaften der Ausgabe-Meßmodule (3''), wie z. B. Nichtlinearitäten, Verstärkungs- und Nullpunktfehler usw. der Ausgabe-Meßmodule (3'') aufgrund von in einem nichtflüchtigen Speicher abgelegten Korrekturdaten abgeglichen werden.

15. Prozeßmeßdatenerfassungs- und -verarbeitungssystem nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausgabe-Meßmodul (3'') zusätzlich einen Aufnehmer zur Erfassung der prozeßsteuernden Größen und zu deren Wandelung in ein äquivalentes elektrisches Signal, sowie Schaltungen zur Aufbereitung und/oder Umsetzung des elektrischen Signals und/oder deren Verstärkung und/oder zur Potentialtrennung (66, 67) und/oder zum Analog-/Digitalwandeln umfaßt sowie einen auf dem Mikrorechner (48) implementierten Regelkreis, mit dem der Ansteuerwert des elektrophysikalischen Wandlers so geregelt wird, daß die prozeßsteuernde Größe ihrem Sollwert optimal folgt.

16. Prozeßmeßdatenerfassungs- und -verarbeitungssystem nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß das System als mobiles Meßdatensystem eingesetzt werden kann, wobei dieses ein Einschubsystem (7) mit dem standardisierten, parallelen Mikroprozessorbuss (10—12), eine Stromversorgung (14) sowie Einschubplätzen für beliebige Meßmodule (3.ij, 3, 3') und Ausgabe-Meßmodule (3''), einen Zentralrechner und einen Massenspeicher für Meßwerte und Meßprogramme und mit einem Display und einen Handeingabegerät ausgestattet ist, wobei der Massenspeicher eine externe Schnittstelle zum Laden von Meßprogrammen und zum Auslesen von Meßdaten umfaßt und mit dem Handgerät wenigstens teilweise in einen Ablauf eines Meßprogramms eingegriffen werden kann.

17. Prozeßmeßdatenerfassungs- und -verarbeitungssystem zur Erfassung und Verarbeitung mehrerer physikalischer Größen, welche über Sensoren (Meßmodule) erfaßt und vorverarbeitet als Datenworte über ein Bussystem an einen oder mehrere, hierarchisch gestufte Verarbeitungs-, Steuer- und Koordinationsrechner (Zentralrechner, Hostrechner) übertragen werden, wobei die jeweils eine oder mehrere physikalische Größen erfassenden Meßmodule wenigstens einen baulich mit diesem vereinigten oder von diesem abgesetzten, elektrisch leitend oder über Lichtleiter mit dem Meßmodul verbundenen Aufnehmer zur Erfassung der

physikalischen Größe und zu deren Wandlung in ein äquivalentes elektrisches Signal, sowie Schaltungen zur Aufbereitung und/oder Umsetzung des oder der elektrischen Signale und/oder deren Verstärkung und/oder zur Potentialtrennung und/oder zum Multiplexen und/oder zum Analog-/Digitalwandeln von Signalen sowie einen Mikrorechner umfassen, welcher umgesetzte oder digitalgewandelte Signale übernimmt und Nichtlinearitäten, Verstärkungs- und Nullpunktfehler der Aufnehmer aufgrund von in einem nichtflüchtigen Speicher abgelegter Korrekturdaten abgleicht und Meßwerte als Datenworte zur Abfrage durch den Zentralrechner bereitstellt, insbesondere nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das eine Schnittstelle für einen standardisierten Mikroprozessorbus (*mb*, SMP-Bus) und/oder eine serielle Schnittstelle aufweisende Meßmodul (3, 3') Korrekturdaten zum Abgleich von statischen und/oder dynamischen Wandlungseigenschaften, wie z. B. einen nichtflüchtigen Speicher umfaßt, in den Nichtlinearitäten, Verstärkungs- und Nullpunktfehler usw. bei einer Kalibrierung jeweils in immer neue Speicherplätze eingeschrieben werden und lediglich eine, in einem Speicherplatz des nichtflüchtigen Speichers abgelegte, auf einen Anfang eines Datensatzes mit den aktuellen Kalibrierdaten hinweisende Adresse aktualisiert wird.

18. Prozeßmeßdatenerfassungs- und -verarbeitungssystem nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß der nichtflüchtige Speicherbaustein ein elektrisch lösch- und programmierbarer Speicherbaustein (EPROM) ist.

19. Prozeßmeßdatenerfassungs- und -verarbeitungssystem nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß der nichtflüchtige Speicherbaustein ein batteriegepufferter Speicherbaustein (39) mit wahlfreiem Zugriff (RAM) ist.

20. Prozeßmeßdatenerfassungs- und -verarbeitungssystem nach wenigstens einem der Ansprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß das System ferner ein Kalibriersystem (125) umfaßt, das einen Kalibrierrechner (126), ein von diesem steuerbares System zur Bereitstellung von variablen Kalibriergrößen oder Eichnormalen (Kalibrierquelleneinrichtung 130, steuerbare Klimatisierungssysteme 131) sowie ein Kalibriereinschubsystem (132) umfaßt, auf dem zu kalibrierende Meßmodule (3, 3', 3'') über den standardisierten Mikrorechnerbus (*mb*, SMP-Bus) und/oder die serielle Schnittstelle (47, serielles Bussystem *sb*) mit dem Kalibrierrechner (126) zur Kalibrierung verbunden werden können, wobei bei einer Erstkalibrierung

- in einer ersten Phase der Kalibrierung die Meßmodule (3, 3') und mit Eichnormalen oder Kalibriergrößen (*pkg.1* bis *pkg.y*) variabler Werte innerhalb des Meßbereiches des Meßmoduls (3, 3') beaufschlagt werden, wobei das Meßmodul (3, 3') aufgrund nicht vorhandener Korrekturdaten, nicht korrigierte, nicht umgesetzte Daten auf das Bussystem (*mb*) aufschaltet, welche vom Kalibrierrechner (126) mit Solldaten verglichen werden,
- in einer zweiten Phase der Kalibrierung der Kalibrierrechner (126) Korrekturdaten errechnet und diese zum Einschreiben auf die entsprechenden Speicherzellen des Meßmo-

duls (3, 3'') bereitstellt bzw. in diese einschreibt,

— in einer dritten Phase der Kalibrierung die Meßmodule (3, 3') und erneut mit Eichnormalen oder Kalibriergrößen (*pkg.1* bis *pkg.v*) variabler Werte innerhalb des Meßbereiches des Meßmoduls (3, 3') beaufschlagt werden, wobei das Meßmodul (3, 3') die erfaßten, aufgrund der neuen Korrekturdaten korrigierten, in das normierte Datenformat umgesetzten Daten auf das Bussystem (*mb*) aufschaltet, welche vom Kalibrierrechner (126) erneut mit den Solldaten verglichen werden, so daß ein Überschreiten eines vorgegebenen Toleranzbands die Kalibrierung gegebenenfalls wiederholt werden kann.

21. Prozeßmeßdatenerfassungs- und -verarbeitungssystem nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Rekalibrierung

- in einer ersten Phase die Meßmodule (3, 3') mit Eichnormalen oder Kalibriergrößen (*pkg.1* bis *pkg.y*) variabler Werte innerhalb des Meßbereiches des Meßmoduls (3, 3') beaufschlagt werden, wobei das Meßmodul (3, 3') die erfaßten, aufgrund der alten Korrekturdaten korrigierten, in das normierte Datenformat umgesetzten Daten auf das Bussystem (*mb*) aufschaltet, welche vom Kalibrierrechner (126) mit den Solldaten verglichen werden, so daß beim Einhalten des vorgegebenen Toleranzbands die Kalibrierung abgebrochen und bei Überschreiten eines vorgegebenen Toleranzbands der Kalibrierrechner (126) die in den Speicherplatz des nichtflüchtigen Speichers (39) abgelegte, auf den Anfang eines neuen (und noch nicht vorhandenen) Datensatzes mit neuen Kalibrierdaten hinweisende Adresse aktualisiert und das Meßmodul (3, 3') mit Eichnormalen oder Kalibriergrößen variabler Werte innerhalb des Meßbereiches des Meßmoduls (3, 3') beaufschlagt, wobei das Meßmodul (3, 3') aufgrund des nicht vorhandenen Datensatzes nicht korrigierte und nicht umgesetzte Daten auf das Bussystem (*mb*) aufschaltet, welche vom Kalibrierrechner (126) mit Solldaten verglichen werden,

- in einer zweiten Phase der Rekalibrierung der Kalibrierrechner (126) Korrekturdaten errechnet und diese zum Einschreiben auf die entsprechenden, neu adressierten Speicherzellen des Meßmoduls (3, 3') bereitstellt bzw. in diese einschreibt,

- in einer dritten Phase der Rekalibrierung die Meßmodule (3, 3') durch den Kalibrierrechner (126) erneut mit Eichnormalen oder Kalibriergrößen (*pkg.1* bis *pkg.y*) variabler Werte innerhalb des Meßbereiches des Meßmoduls (3, 3') beaufschlagt werden, wobei das Meßmodul (3, 3') die erfaßten, aufgrund der neuen Korrekturdaten korrigierten, in das normierte Datenformat umgesetzten Daten auf das Bussystem (*mb*) aufschaltet, welche vom Kalibrierrechner (126) erneut mit den Solldaten verglichen werden, so daß bei Überschreiten eines vorgegebenen Toleranzbands die Rekalibrierung gegebenenfalls wiederholt werden kann.

22. Prozeßmeßdatenerfassungs- und -verarbei-

tungssystem nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß das Kalibriereinschubsystem (132) für Meßmodule (3) mit EPROM oder EEPROM zusätzlich Löscho- und Programmierspannungen bereitstellt, welche über nicht belegte Leitungen (139) des Mikroprozessorbusses (*mb*) über diesen in das EPROM oder EEPROM eingespeist werden.

23. Prozeßmeßdatenerfassungs- und -verarbeitungssystem nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß der Kalibrierrechner (126) für Meßmodule (3) mit zusätzlicher, serieller Schnittstelle (47) die Kalibrierdaten über dieses bereitstellt, so daß sie vom Meßmodul (3') in die entsprechenden Speicherzellen des batteriegepufferten Speichers (39) eingelesen werden können.

24. Prozeßmeßdatenerfassungs- und -verarbeitungssystem nach Anspruch 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, daß der Kalibrierrechner (126) alte Kalibrierwerte aus dem Speicher (39) der Meßmodule (3, 3') auslesen und aufgrund dessen das Alterungsverhalten des Aufnehmers durch Trendanalyse feststellen und gegebenenfalls auf einen erforderlich werdenden Austausch des Aufnehmers hinweisen kann.

25. Prozeßmeßdatenerfassungs- und -verarbeitungssystem nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß an den Kalibrierrechner (126) ein Plotter (133) angeschlossen ist, auf dem Meßwerte bei der Kalibrierung sowie Toleranzbänder und das Alterungsverhalten der Komponenten (21 bis 28) der Meßmodule (3, 3') graphisch dargestellt werden kann.

35

40

45

50

55

60

65

— Leerseite —

THIS PAGE BLANK (USPTO)

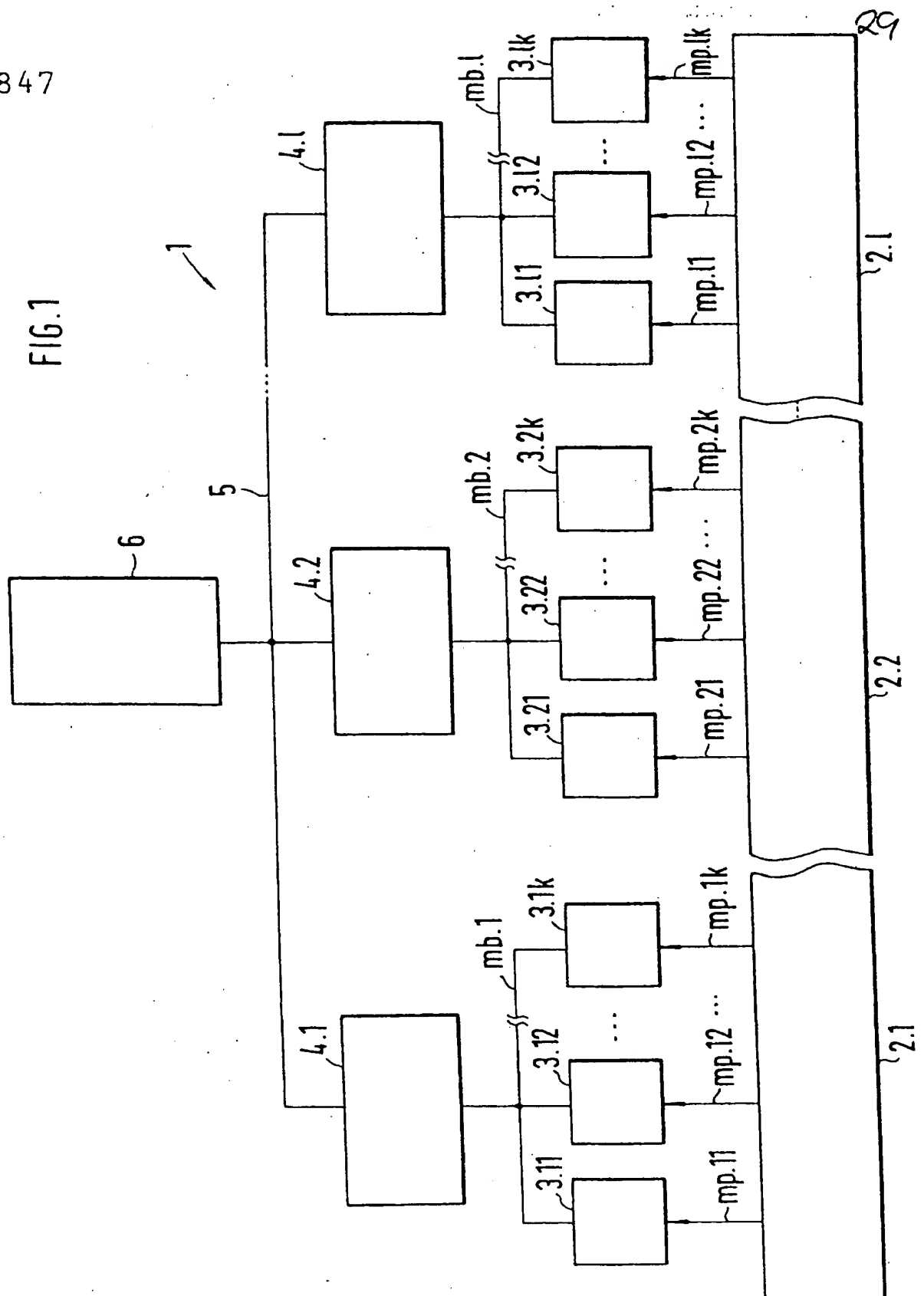
FIG. 1

37 43 847

G 06 F 13/38

23. D zember 1987

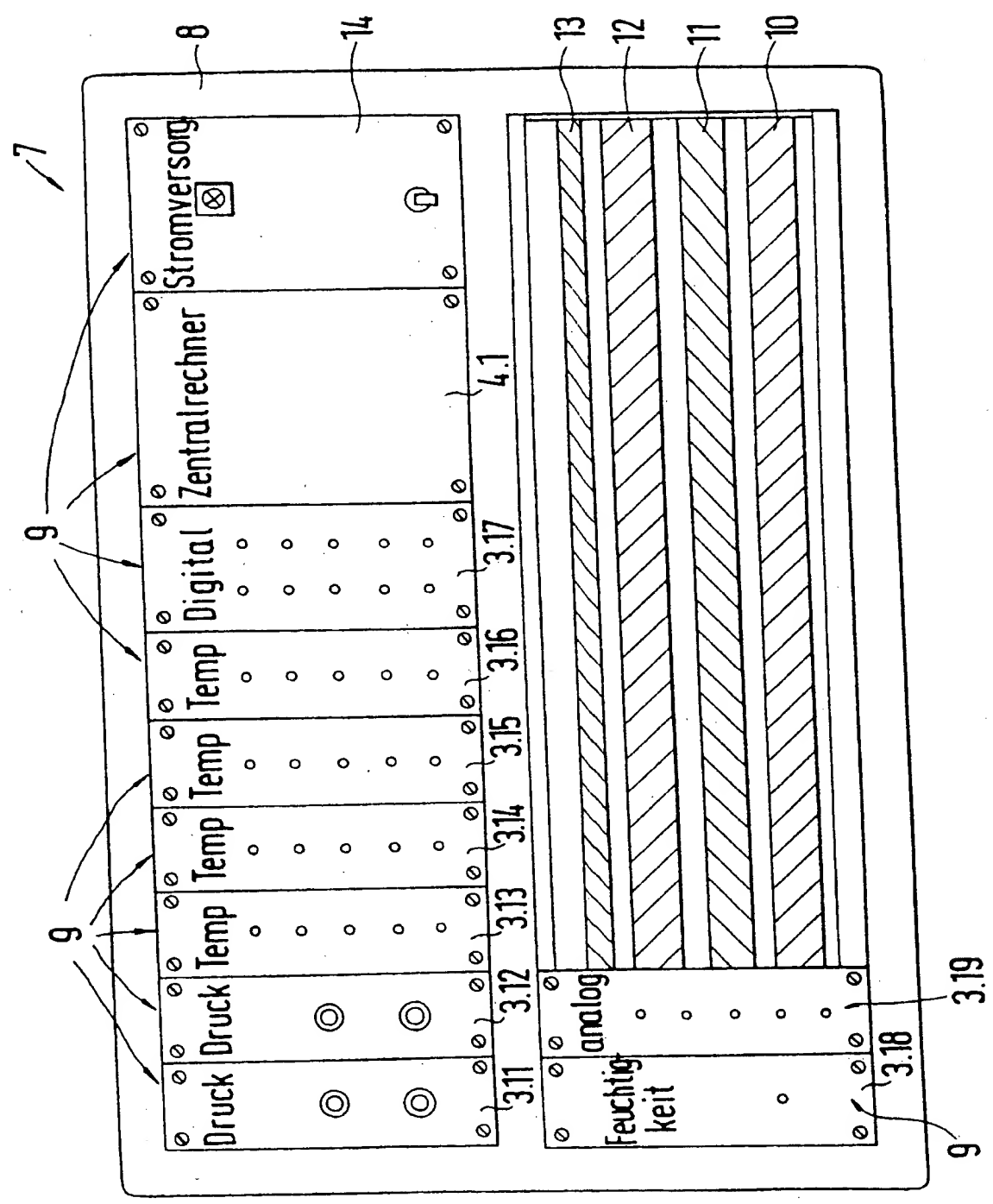
13. Juli 1989



30

3743847

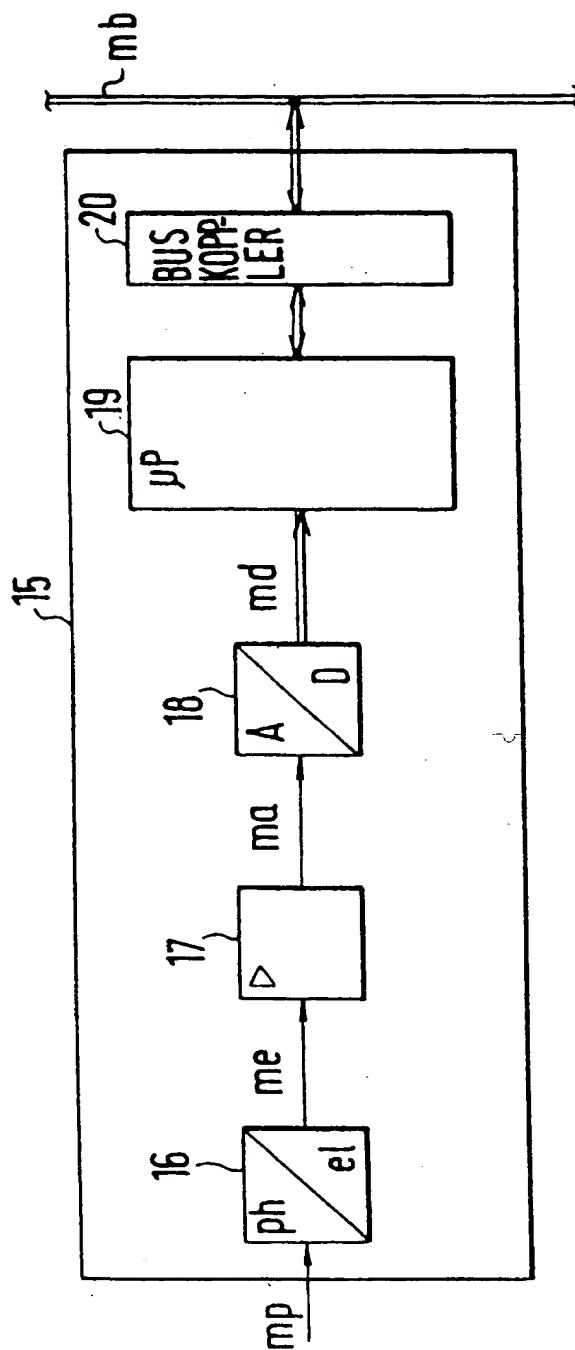
FIG. 2



31

3743847

FIG. 3



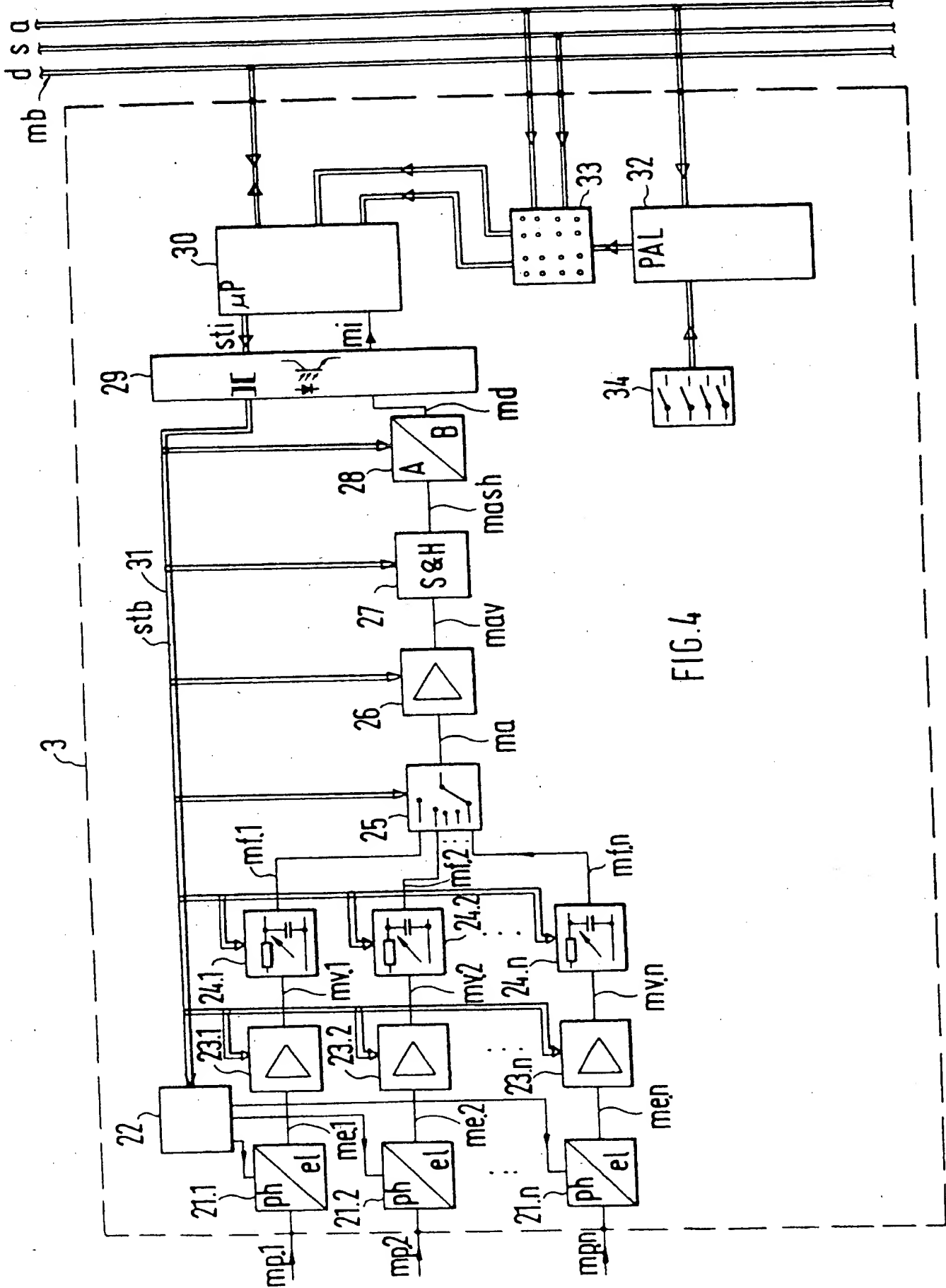
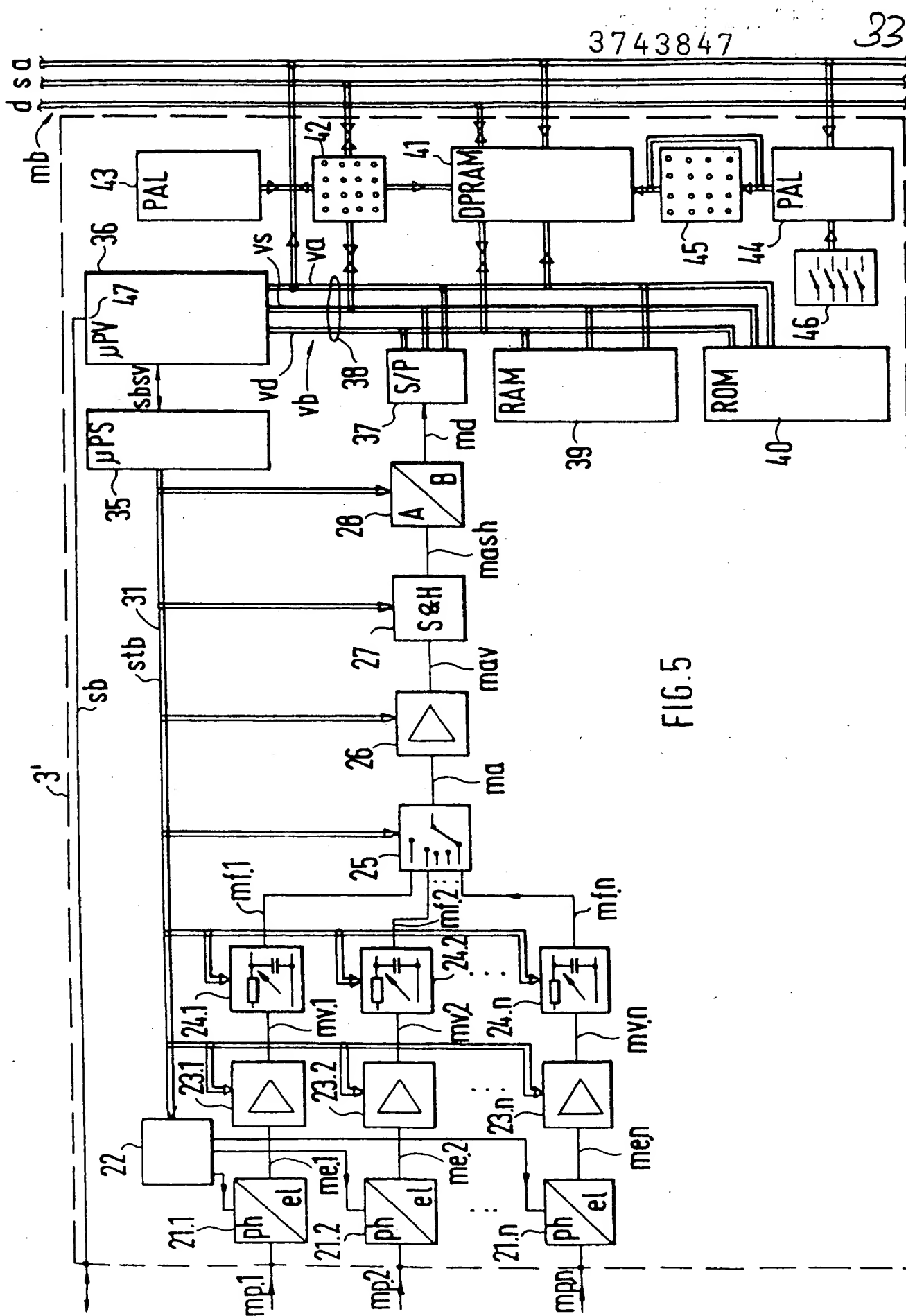
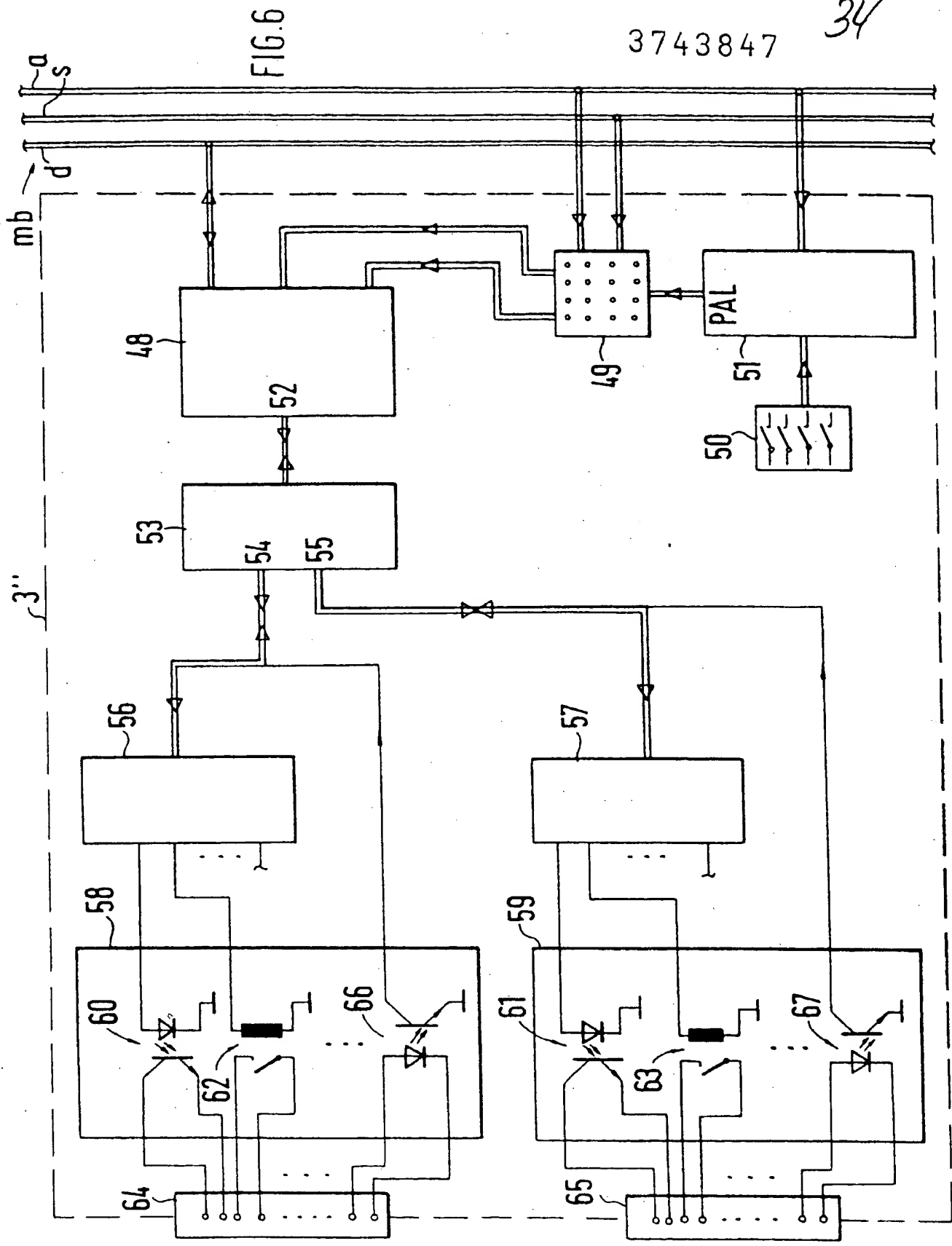


FIG. 4



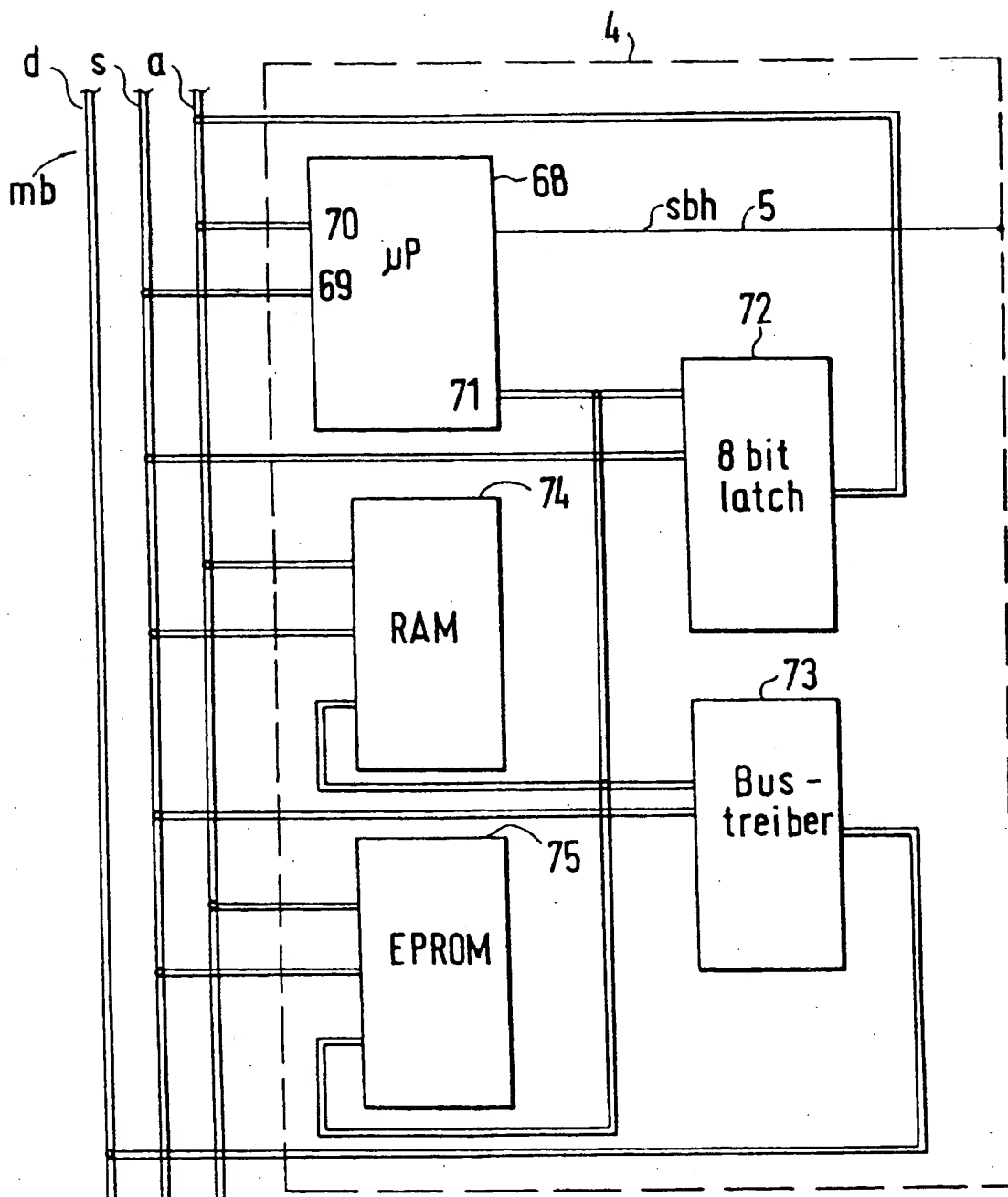
3743847

34

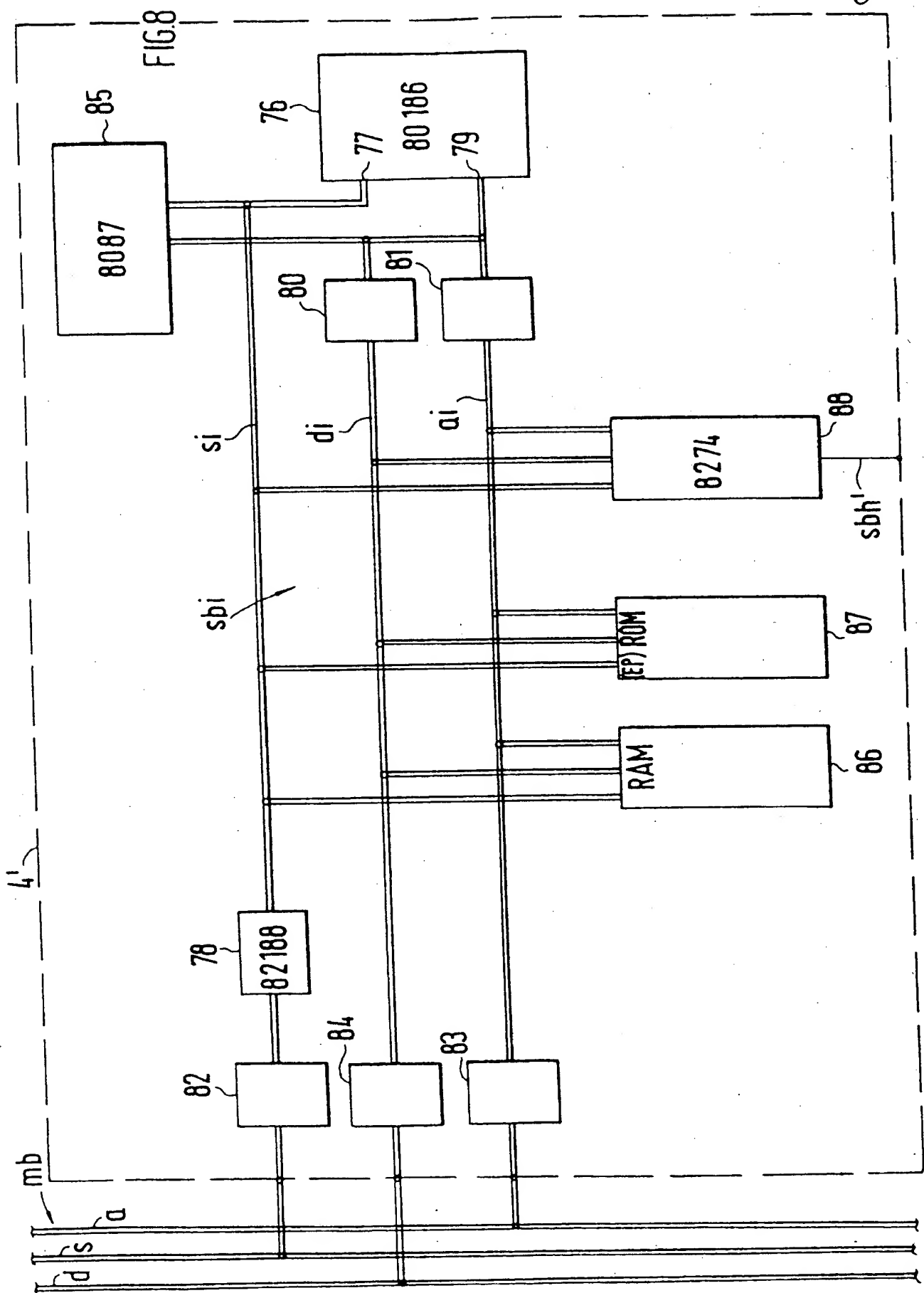


3743847

FIG. 7



36



37

3743847

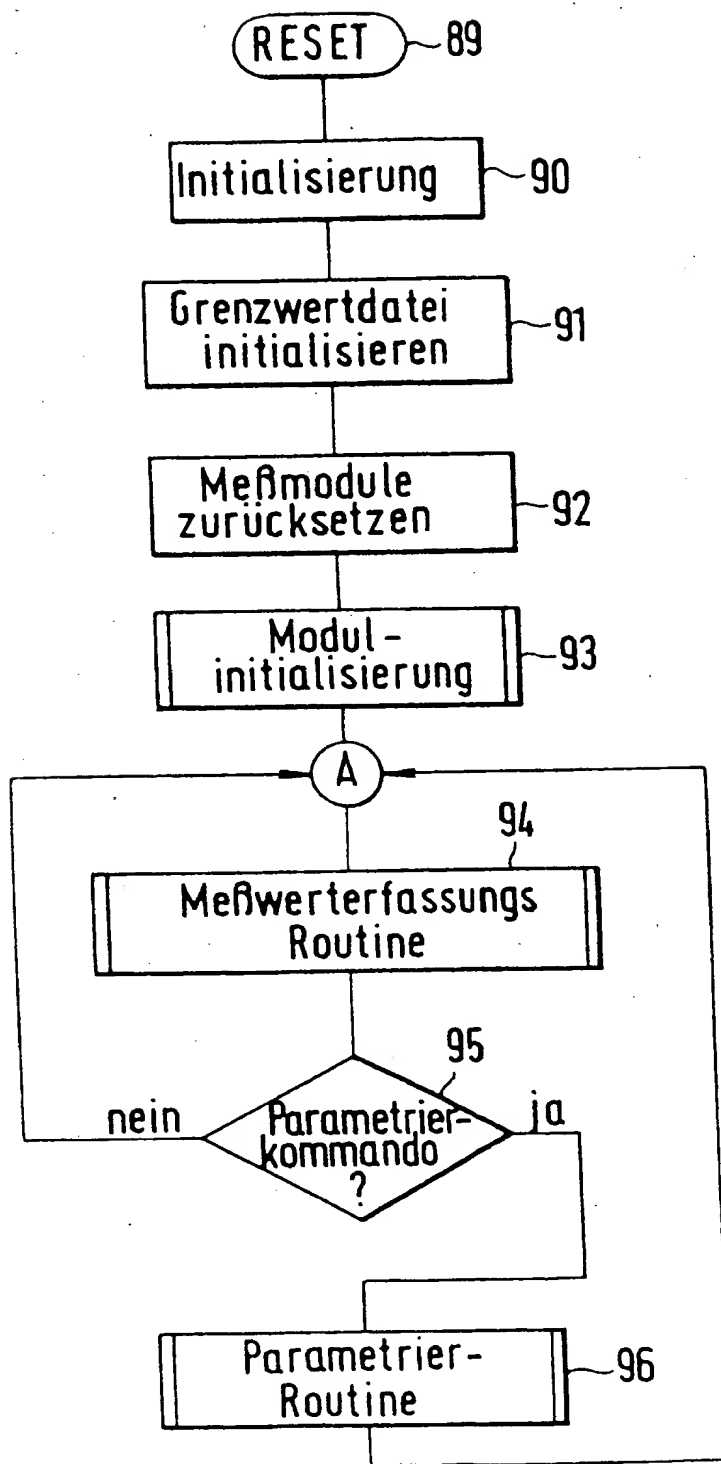


FIG. 9

38

3743847

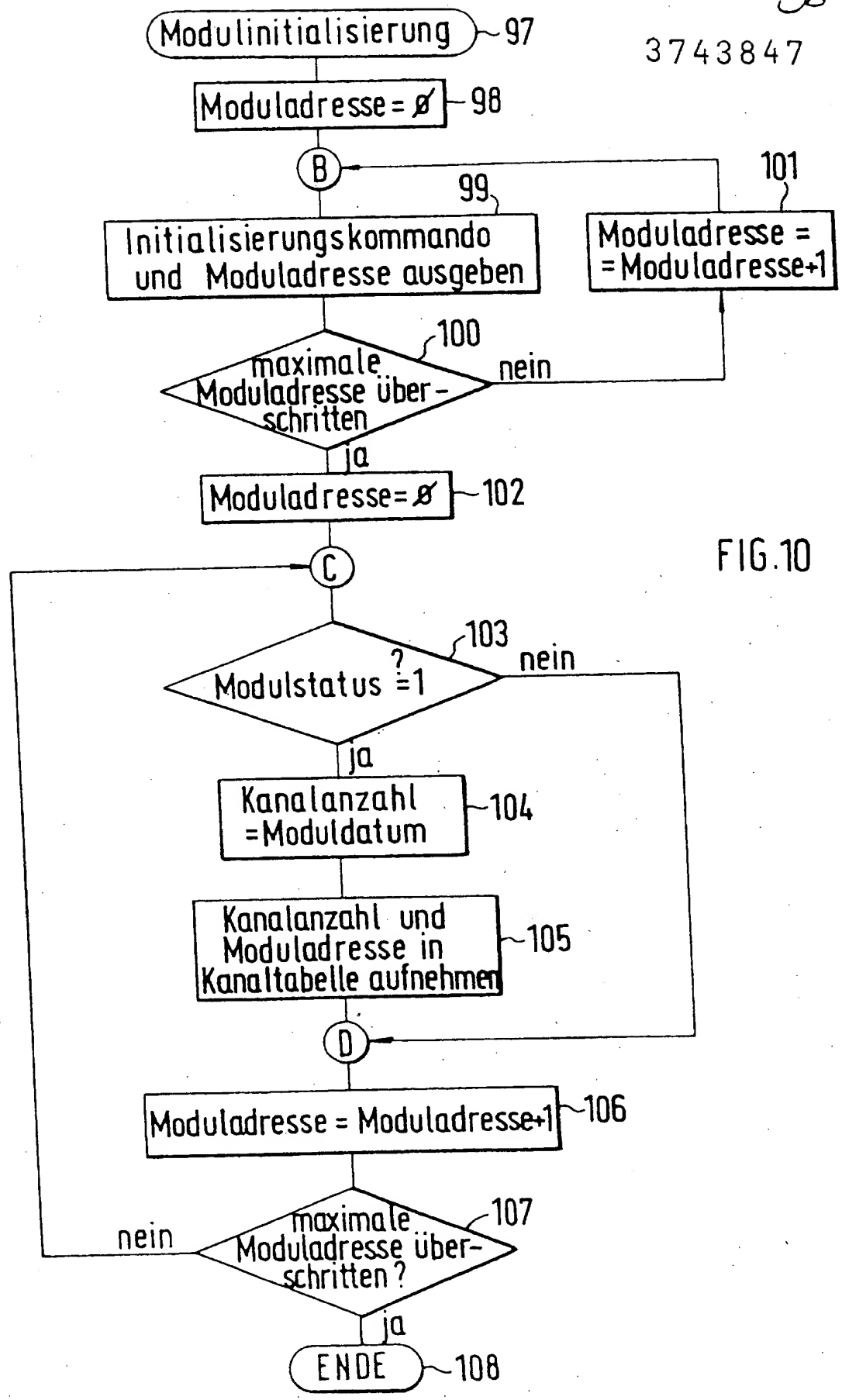
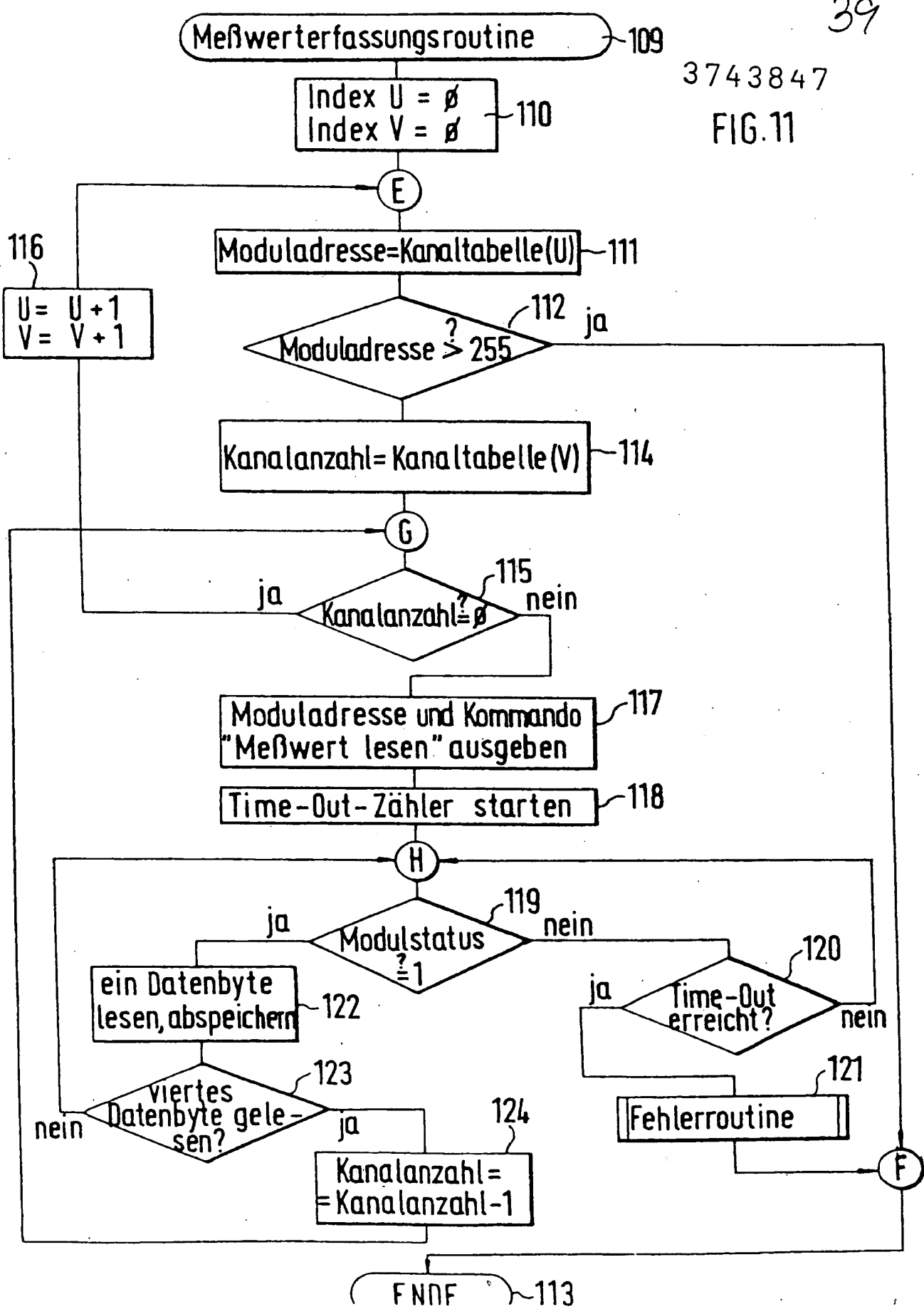


FIG. 10

39

3743847

FIG.11



40*

3743847

FIG. 12

